

Timo Vihavainen

## **Diplomityö**

### **Sähkötekniikan korkeakoulu**

Diplomityö, joka on jätetty opinnäytteenä tarkastettavaksi  
diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 4.2.2013.

### **Työn valvoja**

Prof. Matti Lehtonen

### **Työn ohjaajat**

Ins. Maunu Suttinen

DI Ari Taiponen



**Aalto-yliopisto**  
**Sähkötekniikan**  
**korkeakoulu**

Tekijä: Timo Vihavainen		
Työn nimi: Rakennusten energiatehokkuuden kehittäminen energianhallintajärjestelmän avulla		
Päivämäärä: 4.2.2013	Kieli: Suomi	Sivumäärä: 8+82
Sähkötekniikan laitos		
Professuuri: Sähköjärjestelmät		Koodi: S-18
Valvoja: Prof. Matti Lehtonen		
Ohjaajat: Ins. Maunu Suttinen, DI Ari Taiponen		
<p>Tässä diplomityössä käsitellään energiamittarointia ja SEMS-energianhallintajärjestelmää. SEMS on Schneider Electricin kehittämä järjestelmä, joka soveltuu erityisesti yksinkertaiseen rakennusten energiankulutuksen seurantaan.</p> <p>Diplomityön teoriaosassa tutkitaan eri rakennustyyppien tarpeita energiamittaroinnilla. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 on myös annettu tarkat määräykset eri käyttötarkoituksien uudisrakennuksille vaadittavasta mittaroinnista. Lisäksi nolla- ja plusenergiarakentaminen asettavat tulevaisuudessa omat vaatimuksensa mittaroinnille.</p> <p>Työn käytännön osuus koostuu kahdesta vaiheesta. Ensimmäisessä osassa SEMS-järjestelmästä kirjoitetaan ST-kortti, jossa annetaan sähkösuunnittelijoille ja sähköurakoitsijoille käytännön ohjeita SEMS:in toteutukseen. Toisessa osassa Holiday Club Saariselän kylpylähotelliin suunnitellaan ja asennetaan SEMS-järjestelmä, jolla mitataan erikseen kylpylä- ja hotelliosien sähkönkulutusta.</p> <p>Työn lopussa tutkitaan ja vertaillaan erilaisia energianhallintaratkaisuja, joita on tarjolla Suomen energiatehokkuusmarkkinoilla.</p>		
Avainsanat: SEMS, REM, energiamittarointi		

AALTO UNIVERSITY  
SCHOOL OF ELECTRICAL ENGINEERING

ABSTRACT OF THE  
MASTER'S THESIS

Author: Timo Vihavainen		
Title: Development of energy efficiency in buildings with an energy management system		
Date: 4.2.2013	Language: Finnish	Number of pages: 8+82
Department of Electrical Engineering		
Professorship: Electrical Systems		Code: S-18
Supervisor: Prof. Matti Lehtonen		
Advisor: B.Sc (Tech.) Maunu Suttinen, M.Sc. (Tech.) Ari Taiponen		
<p>In this Thesis energy metering and SEMS (Simple Energy Management Solution) are introduced. SEMS is developed by Schneider Electric and it is designed especially to simple energy monitoring of buildings.</p> <p>In the theory part of the Thesis the metering demands of different types of buildings are analyzed. Furthermore, the Finnish building specifications and zero energy houses set their own requirements to energy metering in the future.</p> <p>The practical part of the Thesis is divided in two halves. In the first half instructions for designers and contractors are written in the form of a maintenance card. In the second half SEMS is designed and installed to a hotel &amp; spa in the Northern Finland.</p> <p>Finally, different types of energy management solutions provided by Finnish companies are examined and compared.</p>		
Keywords: SEMS, REM, energy metering		

## **Esipuhe**

Kiitän rakasta puolisoani Aija Lampista tuesta ja kannustuksesta pitkän kirjoitusprosessin aikana sekä poikaani Aleksia toimimisesta ylimääräisen motivaation lähteenä.

Ystäviä ja sukulaisia kiitän koko opiskeluajan kestäneestä kiinnostuksesta opintojani kohtaan.

NordBuildia kiitän henkisen kasvualustan tarjoamisesta ja tämän diplomityön mahdollistamisesta.

Ohjaajiani Maunu Suttista ja Ari Taiposta kiitän hyvästä ohjauksesta ja kärsivällisyydestä työn eri vaiheissa.

Valvojaani Professori Matti Lehtosta kiitän koko opiskeluajasta.

Espoossa 2.2.2013

Timo Vihavainen

## Sisältö

Tiivistelmä	ii
Tiivistelmä (englanniksi)	iii
Esipuhe	iv
Sisältö	v
Symbolit ja lyhenteet	viii
Lyhenteet	viii
1 Johdanto	1
2 Tausta	3
2.1 Mittaroinnin välttämättömyys	3
2.2 Rakennustyytit	3
2.2.1 Erilliset pientalot, rivi- ja ketjutilot	4
2.2.2 Asuinkerrostalot	5
2.2.3 Toimistorakennukset	5
2.2.4 Liikerakennukset	6
2.2.5 Majoitusliikerakennukset	6
2.2.6 Opetusrakennukset ja päiväkodit	7
2.2.7 Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit	7
2.2.8 Sairaalat	8
2.2.9 Muut rakennukset	9
2.3 Rakennuksen elinkaaren vaihe	10
2.3.1 Uudisrakennus	10
2.3.2 Olemassa oleva rakennus	11
2.4 Rakennuksen toimijat	12
2.4.1 Kiinteistöpäällikkö	12
2.4.2 Käyttäjä	12
2.4.3 Controller	13
2.4.4 Laskuttaja	14
2.5 Rakennuksen hallinto	14
2.5.1 Oma hallinto	15
2.5.2 Ulkoistettu hallinto	15
2.6 Mittaroinnin kehittyminen tulevaisuudessa	16
3 Uudet rakentamismääräykset	17
3.1 Asetukset rakennusten energiatehokkuudesta	17

3.2 Nolla- ja plusenergiarakentaminen	22
4 ST-kortti	26
4.1 Johdanto	26
4.2 Lait, asetukset, määräykset, standardit ja ohjeet	27
4.2.1 Lait ja asetukset energiamittaroinnille	27
4.2.2 Asennusohjeet energianhallintajärjestelmälle	28
4.3 Käsitteet, määritelmät ja lyhenteet	35
4.4 Sähköenergian laskutusmittaus	36
4.5 Kiinteistön sähköenergian mittaaminen	38
4.6 Kiinteistön lämmön- ja vedenkulutuksen mittaaminen	39
4.7 Kulutuksen seuranta, raportointi ja laskutus	40
5 SEMS	42
5.1 SEMSin suunnittelu	42
5.2 SEMS mittaroinnissa	46
6 Rajapinnat mittaroinnin ja käyttäjän välillä	52
6.1 Protokollat	52
6.1.1 Modbus	52
6.1.2 ZigBee	53
6.2 Mediat	55
6.3 Verkkoliikenne	57
7 Kaupallistaminen	59
7.1 Energiatehokkuuden markkinatoimijat ja liiketoimintamallit	59
7.1.1 Energiakolmio	59
7.1.2 Skapat Energia	61
7.1.3 Schneider Electric	62
7.1.4 Lemminkäinen Talotekniikka	63
7.1.5 YIT	65
7.1.6 Suomen Talokeskus	66
7.1.7 Ouman	69
7.1.8 Mitox	70
7.1.9 Fidelix	71
7.2 Markkinatilanne	71
8 Yhteenveto	73
Viitteet	75

Liitteet	78
Liite A	78
Motivan tilastot eri kiinteistötyyppien energian ominaiskulutuksista	78
Liite B	81
E-luvun laskennan keskeisten lähtötietojen ja tulosten esittäminen	81

## Symbolit ja lyhenteet

### Lyhenteet

Bps	Bauds Per Second
CRM	Customer Relationship Management
FTP	File Transfer Protocol
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
kWh	Kilowattitunti
PTS	Pitkän Tähtäimen Suunnitelma
r-m <sup>3</sup>	Rakennuskuutiometri
REM	Remote Energy Management
RTU	Remote Terminal Unit
SEMS	Simple Energy Management Solution
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol



# 1 Johdanto

Maailman energiankulutus kasvaa jatkuvasti. Väestönkasvun ja kehittyvien maiden kasvaneen energiantarpeen vuoksi kulutuksen kasvulle ei näy loppua lähitulevaisuudessa. Kasvava energiankulutus tarkoittaa myös kasvavia CO<sub>2</sub>-päästöjä, sillä suurin osa maailman energiasta tuotetaan fossiililla polttoaineilla.

Uusiutuviin energialähteisiin panostamalla energiantuotannosta saadaan ympäristöystävällisempää ja puhtaampaa, mutta uusiutuvalla energialla ei ratkaista itse ongelmaa, joka on kulutuksen jatkuva nousu. Energian kokonaiskulutusta tai ainakin kulutusnousun kulmakerrointa tulisi pienentää, jotta päästäisiin kestäväälle kehityskäyrälle. Tämä tarkoittaa energiatehokkuuden parantamista, jolloin samalla energialla saadaan enemmän aikaiseksi. Energiatehokkuutta parantamalla voidaan pienentää energiankulutusta, jolloin energiantuotannosta aiheutuvat CO<sub>2</sub>-päästöt ja ympäristöhaitat vähenevät.

Energiatehokkuuden kehittäminen ei kuitenkaan ole yksinkertaista, vaan vaaditaan paljon taustatietoa, jotta jotain voidaan tehdä. Energiamittarointi on paras työkalu energian kulutustiedon tarkkaan ja luotettavaan keräämiseen. Energiamittarointi tarjoaa objektiivista ja kiistämätöntä tietoa rakennusten energiankulutuksesta, jolloin energiatehokkuutta voidaan kehittää todellisen faktatiedon pohjalta. Näin energiatehokkuuden kehittämispäätöksille saadaan vahvat perusteet.

Toisaalta energiatehokkuustoimenpiteitä toteutetaan monesti melko kevyin perustein, jolloin niiden säästövaikutukset voivat jäädä pelkästään laskennallisiksi. Energiamittarointi tuottaa luotettavaa mittaustietoa myös säästövaikutusten todentamiseen, jolloin energiatehokkuus ei jää pelkkien laskelmien ja oletamusten varaan.

Ympäristövaikutusten lisäksi taloudelliset intressit toimivat energiatehokkuuden ja energiamittaroinnin moottoreina, sillä energian hinta on noussut jatkuvasti viime vuosikymmeninä. Kaukolämmön keskihinta on noussut 30 vuoden ajan noin 7 % vuodessa, mutta viimeisten 6 vuoden aikana vielä tätäkin nopeammin. Kun otetaan huomioon inflaatio, kaukolämmön elinkustannusindeksillä korjattu reaalihinta on noussut 30 vuodessa hieman yli 20 %. Viimeisten 2-3 vuoden aikana on kuitenkin nähtävissä poikkeuksellisen nopea hinnannousu myös tässä tilastossa. [1]

Sähkön hinta on noussut vielä kaukolämpöäkin nopeammin, sillä viimeisten vajaan 20 vuoden aikana pienkuluttajien sähkön reaalinen kokonaishinta on noussut jopa 70 %. Viimeisten 3 vuoden aikana pienkuluttajan maksama sähkön kokonaishinta on noussut reaalisesti peräti 50 %. [2]

Raaka-aineiden, päästömaksujen ja energiaverojen noustessa sekä yhteis-eurooppalaiseen suuntaan kehittyvien energiamarkkinoiden vaikutuksesta energiakustannukset tulevat erittäin suurella todennäköisyydellä yhä nousemaan tulevaisuudessa. Energiakustannukset tulevat haukkaamaan entistä suuremman osuuden kotitalouksien ja yritysten käytettävissä olevista varoista, ellei energiatehokkuuteen panosteta.

Energiankulutusta vähentämällä voidaan leikata energiakustannuksia tai ainakin pienentää kustannusnousun kulmakerrointa, koska energian hintaan ei voida energiatehokkuudella vaikuttaa.

Yrityksille muuttuvien kustannusten, kuten energian, kanssa tasapainoilu on jatkuva ongelma. Energiatehokkuuden kehittäminen on erinomainen keino parantaa yritysten kilpailukykyä markkinoilla, kun muuttuvien kustannusten vaikutusta voidaan pienentää. Energiatehokkuus tulisi nähdä yritysmaailmassa huomattavana kilpailutekijänä, koska nousevien energiakustannusten aikana kaikkea energian hinnannousua ei saada mitenkään vietyä hintoihin riittävän nopeasti.

Energiatehokkuuden kehittämisen kynnys on viime vuosina madaltunut merkittävästi, koska markkinoilla on nykyään tarjolla entistä energiatehokkaampia laitteita ja energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja. Laittevalmistajat kehittävät laitteitaan kuluttamaan entistä vähemmän energiaa, sillä esimerkiksi kodinkoneiden energialuokka on tärkeä markkinoinnin keino, kun vihreistä arvoista ja niukkuudesta on nyky-yhteiskunnassa tullut jatkuvasti voimistuvia trendejä.

Energiatehokkuuden kehittämisessä vanhan laitekannan uusimisella pystytään pudottamaan merkittävästi energiankulutusta, mutta usein ei tiedetä, mihin niukat rahalliset resurssit kannattaisi panostaa. Ongelmana on myös se, että rakennusten laitekanta uusiutuu melko hitaasti – yleensä vasta siinä vaiheessa, kun laitteet tulevat elinkaarensa päähän. Energiamittaroinnin avulla kriittisimmät kehitystarpeet voidaan tunnistaa, jolloin myös laitekannan kehitys voidaan suunnitella huolellisesti etukäteen.

Vanhan rakennuskannan uusiminen on nykyään aiempaa helpompaa, sillä valtiovallan toimesta on luotu kannustimia toiminnan kehittämiseen, kuten tuet energiakatselmointeihin sekä energiatehokkuussopimukset. Energiatehokkuussopimukseen liittyvä julkinen tai yksityinen organisaatio sitoutuu laskemaan energiankulutustaan tietyn prosenttiosuuden sopimusalaista riippuen sopimuskauden 2008-2016 loppuun mennessä ja saa julkista tukea energiatehokkuusinvestointeihin.

Rakennusten energiatehokkuuden kehittäminen on nykyään entistä vaivattomampaa ja asenteet entistä myönteisempiä. On kuitenkin vaarana, että energiatehokkuus jää pelkiksi hienoiksi sanoiksi, minkä vuoksi erityisesti energiatehokkuuden seurantajärjestelmiä tulee kehittää. Energiatehokkuus tulee tehdä mahdollisimman konkreettiseksi päättävillä tahoilla, jotta kehittämiseen saadaan riittävät taloudelliset resurssit. Seurannan tärkeimpänä työvälineenä tulee olemaan energiamittarointi, jonka avulla energiatehokkuuden kehittämistä voidaan luotettavasti arvioida.

## 2 Tausta

### 2.1 Mittaroinnin välttämättömyys

Rakennuksen energiatehokkuuden parantamisessa on välttämätöntä asentaa kiinteistön päämittausta tarkempi energiamittarointijärjestelmä, jotta tiedetään, mihin energia todellisuudessa kuluu. Rakennuksen sähkön, lämmön ja veden päämittaukset kertovat kokonaisenergiankulutuksen, mutta päämittauksen avulla ei saada mitään tietoa rakennuksen sisäisistä kulutuspisteistä. Päämittauksen avulla voidaan kuitenkin saada yleiskuva rakennuksen energiatehokkuudesta, kun rakennuksen energiankulutusta verrataan saman rakennustyyppin muihin rakennuksiin.

Riittävän tarkkojen kulutuspisteiden mittaaminen on tärkeää, jotta potentiaaliset säästökohteet voidaan tunnistaa ja saada tarkempi kuva energiansäästöpotentiaalin suuruudesta. Kun potentiaalisimmat säästökohteet tiedetään, voidaan niihin suunnitella ja kohdistaa helpommin säästötoimenpiteitä. Toisaalta säästöpotentiaalin suuruus vaikuttaa ratkaisevasti siihen, millaisia toimenpiteitä ja investointeja on taloudellisesti järkevää toteuttaa. Säästötoimenpiteiden tulisi maksaa itsensä takaisin riittävän lyhyessä ajassa, jotta rakennuksen omistaja haluaa investoida energiatehokkuuteen.

Säästötoimenpiteiden toteutuksen jälkeen energiamittarointijärjestelmää tarvitaan tehtyjen toimenpiteiden vaikutusten arviointiin ja todentamiseen. Ilman energiamittarointia ei voida mitenkään määrittää, miten ja missä mahdolliset säästöt ovat syntyneet. Rakennuksen päämittauskaan ei välttämättä pysty osoittamaan syntyneitä säästöjä, koska kulutus on voinut nousta muualla rakennuksessa tai rakennuksen käyttöaste on voinut nousta. Säästöjen selvä osoittaminen on tärkeää myös kiinteistön omistajalle, jotta omistaja tietää saaneensa investoinneilleen tuottoa. Toisaalta aikaansaatuja säästöjen todentaminen auttaa tulevien säästötoimenpiteiden suunnittelussa, koska säästöjen etsiminen ei ole enää pelkkää hakuammuntaa.

Energiamittarointijärjestelmä on tärkeä myös siinä mielessä, että saavutetut säästöt voidaan säilyttää myös pitkällä tähtäimellä. On todettu, että rakennuksen energiankulutuksella on tapana ryömiä takaisin aikaisempaan, jos kiinteistöä ei mittaroinnin avulla valvota ja ohjata aktiivisesti [3]. Tämä johtuu siitä, että rakennuksen käyttäjät eivät välttämättä hahmota rakennusta kokonaisuutena, jolloin pienilläkin väärillä säädöillä voidaan menettää aikaisempien säästötoimenpiteiden hyöty pitkällä aikavälillä.

### 2.2 Rakennustyyppit

Tässä luvussa rakennustyyppit jaotellaan niiden käyttötarkoituksen mukaan yhdeksään eri käyttötarkoituseraluokkaan. Jaottelu on yhtenevä Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 kanssa [4 s.3]. Jokaisen käyttötarkoituseraluokan kohdalla kiinnitetään huomiota kyseisen luokan rakennusten energiankulutukseen ja kulutusprofiiliin. Lisäksi

jokaisen käyttötarkoitukseluokan kohdalla tarkastellaan luokan erityistarpeita energiamittaroinnille ja toisaalta, onko mittarointitarvetta välttämättä edes olemassa.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan kaikkien uusien rakennusten energiamittarointijärjestelmän tulee sisältää ainakin *sähkönmittaus, joka mittaa rakennuksen koko sähköenergiankulutusta sekä lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutuksen mittaus. Muut kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennukset täytyy varustaa lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella ja tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertopiirin paluun vesivirran ja lämpötilan mittauksella. Lisäksi muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten ilmanvaihtojärjestelmä on varustettava sähkönkulutuksen mittauksella lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ominaissähköteho on helposti mitattavissa.* [4, s.16]

*Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten jäähdytysjärjestelmä tulee varustaa sähkönkulutuksen mittauksella. Jäähdytysjärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa siten, että järjestelmän ottama sähköteho ja tuottama jäähdytysenergia ovat helposti mitattavissa. Edellisten vaatimusten lisäksi muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennusten kiinteä valaistusjärjestelmä täytyy varustaa sähkönkulutuksen mittauksella.* [4, s.16-17]

Liitteen A taulukoissa A1, A2 ja A3 on esitetty eri rakennustyyppien sähkön, lämmön ja veden ominaiskulutuksia. Taulukot perustuvat Motivan tilastoihin 1688 kohteen energiakatselmuksista vuosilta 2000-2007.

### **2.2.1 Erilliset pientalot, rivi- ja ketjutalot**

Käyttötarkoitukseluokkaan 1 kuuluvat kaikki yhden ja kahden asunnon talot, rivi- ja ketjutalot, muut erilliset pientalot sekä majoituselinkeinoon harjoittamiseen tarkoitetut loma-asunnot, joissa on ympärivuotiseen käyttöön tarkoitettu lämmitysjärjestelmä [4 s.3]. Tämän käyttötarkoitukseluokan rakennusten kokonaisenergiankulutus on tyypillisesti hyvin matala, koska rakennukset ovat kooltaan pieniä eikä niissä ole suuritehoisia laitteita, jotka kuluttaisivat merkittävästi sähköä.

Mittarointi-investointi suhteessa kohteiden energiakustannuksiin on huomattavan suuri, joten tämän käyttötarkoitukseluokan vanhoihin rakennuksiin ei ole perusteltua asentaa energian alamittareita energiasäästöjen saavuttamiseksi. Päätasen mittarointi riittää tässä käyttötarkoitukseluokassa erittäin hyvin niin sähkölle, lämmölle kuin vedellekin. Jos kiinteistön omistaja kuitenkin haluaa tarkemmin seurata omaa energiankulutustaan, mittarit voi asentaa suurimpiin sähkön kulutuskohteisiin, joita ovat tyypillisesti sauna, kylmälaitteet, ilmanvaihto sekä sähköiset lattialämmitykset.

### 2.2.2 Asuinkerrostalot

Käyttötarkoitukseluokkaan 2 kuuluvat kaikki luhtitalot ja muut asuinkerrostalot [4 s.3]. Tämän käyttötarkoitukseluokan rakennuksissa on melko samanlainen sähkönkulutusprofiili kuin luokan 1 rakennuksilla. Suurin osa sähkönkulutuksesta on asuntojen kotitaloussähköä, jota paikallinen sähköverkkoyhtiö mittaa ja laskuttaa erikseen. Kiinteistösähköstä suurin osa kuluu ilmanvaihtoon, mutta valaistus ja mahdolliset hissit kuluttavat myös oman osansa. Vanhan asuinkerrostalon kiinteistösähköstä voisi olla perusteltua erotella ilmanvaihdon ja mahdollisten hissien osuus omilla alamittareilla.

Lämpöenergiasta ei ole toistaiseksi mahdollista erotella yksittäisten asuntojen kulutusta, koska lämmönjako on toteutettu yhteisellä lämmönkierrolla asunnosta toiseen.

Veden asuntokohtaista kulutusta ei ole nykyään mittaroitu, mutta se olisi mahdollista toteuttaa uusissa kerrostaloissa. Vanhoissa kerrostaloissa asuntokohtainen veden mittarointi olisi kuitenkin hankalaa ja kallista toteuttaa.

### 2.2.3 Toimistorakennukset

Käyttötarkoitukseluokkaan 3 kuuluvat kaikki toimistorakennukset, terveystalot ja muut terveydenhuoltorakennukset [4 s.3]. Toimistorakennusten sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $23,4 \text{ kWh/r-m}^3$ , lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $34,8 \text{ kWh/r-m}^3$  ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $63 \text{ l/r-m}^3$  [Liite A].

Toimistorakennuksissa sähkönkulutus painottuu päiväsaikaan, jolloin toimistot ovat normaalissa käytössä. Suurimmat sähkönkuluttajat ovat tyypillisesti ilmanvaihto, jäähdytys, valaistus, palvelintilat sekä mahdollinen ravintolakeittiö esimerkiksi lounasravintolassa. Ravintolan ja palvelinhuoneiden sähkönsyötille tulisi asentaa omat mittarit, jotta niiden kulutus voidaan erotella tarkasti. Nykyisissä toimistorakennuksissa myös valaistuksen sähkönsyöttö voi tulla erillisestä valaistuskeskuksesta, jolloin valaistuksen sähkönkulutus on yksinkertaista mittaroida.

Myös teholtaan suuret ilmanvaihtokoneet ja jäähdytyskoneet olisi syytä mittaroida erikseen, koska niiden sähkönkulutusta on muuten erittäin vaikeaa luotettavasti selvittää. Arviot voivat olla epätarkkoja, koska koneiden säädöt ovat monimutkaisia ja käynti vaihtelevaa. Toisaalta nykyisten puhaltimien ja pumppujen taajuusmuuttajakäytöt sisältävät yleensä energiankulutuslaskurin ja tiedot käyttötunneista, jolloin taajuusmuuttajien avulla käyttöprofiili on mahdollista selvittää.

Toisaalta toimistorakennuksissa mittaroinnista on hyötyä rakennuksen omistajalle silloin, kun vuokralaisina on useita eri toimijoita, jolloin kiinteistön omistajan intressissä on mittaroida kukin vuokralainen erikseen laskutusta tai vuokrasopimuksen laadintaa varten.

Lämmön ja veden kulutusta ei tavallisessa toimistorakennuksessa ole yleensä tarvetta mittaroida päämittareita tarkemmin.

## 2.2.4 Liikerakennukset

Käyttötarkoituseraluokkaan 4 kuuluvat kaikki myymälähallit, liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset, muut myymälärakennukset, teatterit, ooppera-, konsertti- ja kongressitalot, elokuvateatterit, kirjastot, arkistot, museot, taidegalleriat ja näyttelyhallit [4 s.3]. Liikerakennusten, tavaratalojen ja kauppakeskusten sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 30,0 kWh/r-m<sup>3</sup>, lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 26,2 kWh/r-m<sup>3</sup> ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 61 l/r-m<sup>3</sup> [Liite A].

Liikerakennuksissa, tavarataloissa ja kauppakeskuksissa on paljon erilaisia liiketiloja, joiden energiankulutus tulisi erotella toisistaan etenkin sähkön osalta. Tyypillisesti tiloissa on lukuisia eri toimijoita, joista suurin osa tai kaikki ovat vuokralaisia. Vuokralaisten sähkönkulutus on uusissa liikerakennuksissa lähes aina alamittaroitu, jotta se voidaan laskuttaa vuokralaiselta kuukausittain. Vanhoissa rakennuksissa ongelmaksi voi muodostua vuokralaisten vaihtuminen tai tilojen käyttötarkoituksen muuttuminen vuosien saatossa siten, että alkuperäinen mittarointi ei enää vastaa tarkoitustaan. Vanhoihin liikerakennuksiin olisi tarkoituksenmukaista tehdä aina perusteellinen mittarointikartoitus, jotta mittarointi voidaan tarpeen mukaan päivittää vastaamaan nykyistä käyttöä.

Vuokralaisten käyttäjäsähkön lisäksi suurimmat sähkön kulutuskohteet ovat ilmanvaihto ja muut LVI-laitteet sekä valaistus. Suurissa liikerakennuksissa myös jäähdytyksen osuus voi olla suurimmillaan jopa 10 % sähkön kokonaiskulutuksesta. Myymälärakennuksissa, joissa myydään ja varastoidaan elintarvikkeita, jäähdytys on luonnollisesti suurin kuluttaja, joka tulisi erikseen mittaroida.

Lämpöä ei yleensä ole mahdollista mitata päämittaritasoa tarkemmin, mutta vedenkulutusta olisi syytä mitata etenkin ravintola- ja ravitsemustoimintaa harjoittavilta liiketiloilta.

## 2.2.5 Majoitusliikerakennukset

Käyttötarkoituseraluokkaan 5 kuuluvat kaikki hotellit, asuntolat yms., vanhainkodit, lasten- ja koulukodit sekä kehitysvammaisten hoitolaitokset [4 s.3]. Majoitusliikerakennusten sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 31,4 kWh/r-m<sup>3</sup>, lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 63,6 kWh/r-m<sup>3</sup> ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 316 l/r-m<sup>3</sup> [Liite A].

Majoitusliikerakennusten kiinteistötekniikassa on tyypillisesti kiinnitetty eniten huomiota viihtyisiin sisäolosuhteisiin, kuten tehokkaaseen ilmanvaihtoon, lämmitykseen, jäähdytykseen ja valaistukseen. Majoitusolosuhteisiin suunnitellut järjestelmät voivat kuitenkin energiatehokkuuden näkökulmasta olla ylimitoitettuja ja energiaa hukkaavia.

Tämän vuoksi majoitusliikerakennusten energiankäyttö on herkkää tasapainoilua asukkaiden käyttömukavuuden ja energiatehokkuuden välillä, sillä painopiste ei saisi siirtyä liikaa kummallekaan puolelle. Tässä tasapainotustyössä energiamittaroinnista on suurta apua, kun eri järjestelmien käyttöä yritetään hienosäätää energiatehokkuuden parantamiseksi, mutta ei haluta kuitenkaan merkittävästi heikentää sisäolosuhteita.

Energiamittaroinnin avulla saadaan tärkeää lisätietoa ilmanvaihdon, jäähdytyksen, lämmityksen ja valaistuksen käytöstä ja käyntiajoista, jolloin järjestelmien käyntiä voidaan optimoida siten, että asukas huomaa mahdollisimman vähän vaikutusta asumisolosuhteissa. Esimerkiksi järjestelmien yöaikaista käyttöä voidaan usein leikata, koska asukkaiden nukkuessa voidaan sallia pienet muutokset sisäolosuhteissa energiatehokkuuden parantamiseksi. Asukas ei näitä muutoksia huomaa, mutta on tärkeää, että olosuhteet palautuvat normaaleiksi aamuun mennessä, kun asukas herää.

Energiamittaroinnin näkökulmasta vähintään ilmanvaihtokoneiden sähkönkulutus, eri lämmitysjärjestelmien lämmönkulutus, jäähdytyskoneiden sähkönkulutus, valaistuksen sähkönkulutus sekä majoitusosan ja mahdollisen rakennuksessa olevan ravitsemustoiminnan vedenkulutus tulisi erikseen mittaroida.

## 2.2.6 Opetusrakennukset ja päiväkodit

Käyttötarkoituksiluokkaan 6 kuuluvat kaikki lasten päiväkodit, yleissivistävien oppilaitosten rakennukset, ammatillisten oppilaitosten rakennukset, yliopisto- ja korkeakoulurakennukset sekä tutkimuslaitokset [4 s.3]. Yleissivistävien oppilaitosrakennusten sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $11,8 \text{ kWh/r-m}^3$ , lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $41,8 \text{ kWh/r-m}^3$  ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $88 \text{ l/r-m}^3$  [Liite A].

Päiväkoti- ja koulurakennuksissa suurimmat sähkönkuluttajat tulisi erikseen mittaroida. Näitä ovat ilmanvaihto, valaistus ja keittiölaitteet. Keittiön kulutus voi viedä merkittävän osan kokonaissähköstä, jos rakennuksessa on valmistuskeittiö, mutta lämmitysuuneja ja kylmälaitteita löytyy joka tapauksessa kaikista keittiöistä. Koulurakennuksissa myös atk-laitteiden osuus korostuu muihin rakennustyyppeihin verrattuna. Lämmön- ja vedenkulutusta ei ole tarvetta mittaroida päämittaritasoa tarkemmin.

## 2.2.7 Liikuntahallit pois lukien uima- ja jäähallit

Käyttötarkoituksiluokkaan 7 kuuluvat kaikki tennis-, squash- ja sulkapallohallit sekä monitoimihallit ja muut urheiluhallit [4 s.3]. Urheilu- ja kuntoilurakennusten (pois lukien jää- ja uimahallit) sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $15,4 \text{ kWh/r-m}^3$ , lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $34,4 \text{ kWh/r-m}^3$  ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $78 \text{ l/r-m}^3$  [Liite A].

Monitoimi- ja liikuntahalleissa suurimmat sähkönkuluttajat ovat tyypillisesti ilmanvaihto ja valaistus. Muut kuormat ovat tyypillisesti hyvin pieniä, jopa marginaalisia näihin verrattuna. Tämän vuoksi sähkön mittarointi voidaan usein toteuttaa melko yksinkertaisesti, koska suurimmat kuormat ovat helposti eroteltavissa toisistaan.

Toisaalta liikuntahallien käyttö on tavallisesti melko vaihtelevaa ja vuorokauden sisäinen käyttöaste eroaa esimerkiksi aamu- ja iltatuntien välillä merkittävästi siten, että käytön huippu painottuu iltaan. Aamulla ja aamupäivällä on kuitenkin aina jonkinasteista käyttöä, joka pitää ottaa huomioon energiatehokkuustoimenpiteitä toteutettaessa.

Vaihteleva käyttöaste tarjoaa silti mahdollisuuksia säästää energiakustannuksissa esimerkiksi siten, että ilmanvaihto ja valaistus pyritään mitoittamaan aina hetkellisen käyttäjämäärän mukaan. Tällainen dynaaminen olosuhteiden säätö vaatii kuitenkin monipuolista mittarointi- ja anturitekniikan hyödyntämistä, kuten hiilidioksidiantureita ilmanvaihtoon ja läsnäolotunnistimia valaistukseen.

Mittaroinnin avulla on joka tapauksessa potentiaalia löytää merkittäviä säästökohteita liikuntahalleista etenkin sähköenergian osalta. Lämmön ja veden mittarointia voi olla vaikeaa ja kannattamatonta toteuttaa päämittaritasoa tarkemmilla alamittareilla.

## 2.2.8 Sairaalat

Käyttötarkoituksiluokkaan 8 kuuluvat kaikki keskussairaalat ja muut sairaalat [4 s.3]. Terveystieteiden tutkimuskeskusten sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 25,2 kWh/r-m<sup>3</sup>, lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 58,1 kWh/r-m<sup>3</sup> ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on 262 l/r-m<sup>3</sup> [Liite A].

Sairaaloiden rakennustekniikalle ja energiatehokkuudelle asettamat haasteet ovat pääosin samoja kuin asuin- ja majoitusliikerakennuksissa. Kiinteistötekniikan tärkein tehtävä on pitää yllä viihtyisiä sisäolosuhteita, joiden vaatimukset ajavat kaiken muun edelle. Sisäolosuhteita ei voida missään tapauksessa vaarantaa tai tarpeettomasti heikentää energiatehokkuuden parantamisen vuoksi.

Toisaalta sairaaloissa olosuhteet ja vaatimukset mittaroinnille ovat erittäin haasteelliset. Sairaalarakennuksissa on paljon erittäin herkkiä ja häiriöille alttiita mitta- ja tutkimuslaitteita, jotka ovat myös merkittäviä sähkönkuluttajia. Näiden laitteiden mittarointiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota ja panostaa rahallisesti. Herkkien ja kalliiden laitteiden mittaroinnilla voidaan selvittää tarkasti niiden sähköenergian kulutus, mutta myös mahdollisesti suojata laitteita sähköverkon häiriöiltä, jotka voivat pahimmassa tapauksessa rikkoa tai vahingoittaa laitteita. Mittarointi kannattaisi toteuttaa sellaisilla mittareilla, joilla voidaan mitata sähköverkosta muitakin suureita kuin energiankulutusta, kuten harmonisia yliaaltoja ja jännitepiikkejä.

Veden ja lämmön osalta perusmittarointi päämittaritasolla yleensä riittää myös sairaalarakennuksissa. Mahdolliset suuret vedenkuluttajat, kuten keittiöt, on mahdollista mittaroida erikseen.



## 2.2.9 Muut rakennukset

Käyttötarkoitukseluokkaan 9 kuuluvat kaikki varastorakennukset, uimahallit, jäähallit, liikenteen rakennukset sekä rakennuksiin liittyvät ja erilliset moottoriajoneuvosuojat [4 s.3].

Muiden rakennusten joukosta varastorakennukset ja parkkitilat ovat tekniikaltaan hyvin samankaltaisia, sillä molemmissa rakennustyypeissä ilmanvaihto ja valaistus ovat ylivoimaisesti suurimmat sähkönkuluttajat, joten ne tulisi mittaroida tarkasti. Varastorakennusten ja parkkitilojen lämmön ja veden kulutus on tyypillisesti melko matalaa, joten niille yleensä riittää vain päätason mittarointi.

Varastorakennusten sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $15,5 \text{ kWh/r-m}^3$ , lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $22,5 \text{ kWh/r-m}^3$  ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $29 \text{ l/r-m}^3$  [Liite A]. Liikenteen rakennusten sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $17,9 \text{ kWh/r-m}^3$ , lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $31,7 \text{ kWh/r-m}^3$  ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $66 \text{ l/r-m}^3$  [Liite A].

Uimahallit ja jäähallit ovat kaikki rakennukset mukaan lukien ominaiskulutukseltaan energiasäästöisimpiä rakennuksia, joten niiden mittarointiin on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Uimahallien sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $39,9 \text{ kWh/r-m}^3$ , lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $93,9 \text{ kWh/r-m}^3$  ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $769 \text{ l/r-m}^3$  [Liite A]. Jäähallien sähkön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $33,5 \text{ kWh/r-m}^3$ , lämmön ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $15,7 \text{ kWh/r-m}^3$  ja veden ominaiskulutuksen mediaaniarvo on  $76 \text{ l/r-m}^3$  [Liite A].

Uimahalleissa suurimman haasteen kiinteistötekniikalle asettaa ilmankosteus, joka kasvattaa erityisesti ilmanvaihdon sähköenergian kulutusta. Myös valaistus ja allastekniikka ovat merkittäviä sähkönkuluttajia, joten ilmanvaihtokoneiden lisäksi nämäkin tulisi erikseen mittaroida. Allastekniikan mittaroinnin toteutusta helpottaa se, että normaalisti kaikki allastekniset laitteet ovat samassa allasteknisessä tilassa, joten koko teknisen tilan mittarointi sähkökeskusten lähdistä onnistuu yleensä melko helposti.

Lämmön ja veden ominaiskulutus on uimahalleissa kaikista rakennustyypeistä korkeinta, joten mittarointi tulisi toteuttaa siten, että kaikkien lämmönvaihtimien yhteyteen asennetaan lämpöenergian mittari. Nykyaikaisissa uimahalleissa allasveden lämmitys- ja suodatusjärjestelmät ovat allaskohtaisia, joten myös lämmön ja veden mittarointi tulisi toteuttaa allaskohtaisesti. Allasveden lämmitys kuluttaa merkittävästi lämpöenergiaa, mutta allastilan lämmitys saattaa olla vieläkin merkittävämpi kuluttaja, sillä allastilan ilman lämpötila tulee pitää korkeana käyttömukavuuden ylläpitämiseksi ja allasveden haihtumisen estämiseksi. Siten allastilan ilmanvaihtokoneet olisi perusteltua mittaroida myös lämpöenergian osalta.

Jäähalleissa koko hallin toiminta on rakentunut jään tuottamis- ja ylläpitoprosessien ympärille. Jään tuottamiseen käytettävien jäädytyskoneikkojen sähkönkulutus on

tavallisesti yli 50 % jäähallin kokonaissähkönkulutuksesta. Tämän vuoksi jäähdytyskoneikot tulisi erityisen tarkkaan mittaroida. Koneikkojen eri osat: kompressorit, kiertopumput ja lauhduttimet tulisi kaikki varustaa omilla sähkömittareilla.

Kylmäprosessin hallitsevasta osuudesta johtuen hallin ilmanvaihtokoneet ja valaistus kuluttavat suhteellisesti vähemmän sähköä kuin muissa rakennustyypeissä, mutta ne olisi silti perusteltua mittaroida omilla alamittareilla. Usein jäähalleissa on myös erillinen ilmankuivain, jotta kosteus ei tiivistyisi jään pintaan. Ilmankuivaimen koosta ja tehosta riippuen sekin voidaan tapauskohtaisesti varustaa omalla sähkömittarilla, sillä koneen käynti on vaihtelevaa eikä sen sähkönkulutusta ole muulla tavalla yksinkertaista selvittää.

Lämmön ja veden osalta jäähalleissa riittää yleensä päämittaritason mittaukset, sillä niiden ominaiskulutukset ovat melko maltillisia muihin rakennustyyppisiin verrattuna. Lämpöä jäähalleissa kuluu lähinnä hallitilaa ympäröivien tilojen lämmitykseen. Vedestä noin puolet kuluu jääntekoprosessissa ja puolet sosiaalitiloissa. Tarvittaessa jäädytyksessä käytettävä vesi voidaan erikseen mittaroida.

## **2.3 Rakennuksen elinkaaren vaihe**

Tässä luvussa käsitellään rakennuksen ikää ja elinkaaren vaihetta siten, että arvioidaan niiden vaikutusta energiamittaroinnille. Vertailua tehdään uudisrakennusten ja olemassa olevien vanhojen rakennusten välillä.

### **2.3.1 Uudisrakennus**

Energiakatselmuksista saatujen kokemusten mukaan uusissakin rakennuksissa voi olla huomattavaa säästöpotentiaalia [5]. Tämä johtuu siitä, että uuden rakennuksen laitteiden alustus- ja tehdassäätöihin ei yleensä käyttöönottovaiheessa kiinnitetä tarpeeksi huomiota, jolloin laitteet voivat jäädä kokonaan säätämättä tai säädöt eivät ainakaan ole optimaalisia energiankulutuksen ja kokonaistoimivuuden kannalta. Myös rakennuksen käyttäjien ja huollosta sekä ylläpidosta vastaavan henkilöstön perehtyneisyys uuteen tekniikkaan on ratkaisevassa roolissa. Vaikka tekniikka olisi huippumodernia, niin käyttäjien osaamattomuus saattaa johtaa siitä saatavien hyötyjen menettämiseen.

Kustannusten minimointi rakennusvaiheessa on toinen syy, jonka vuoksi uusissa kohteissa on löydettävissä energiaa säästäviä toimenpiteitä. Rakennusvaiheessa ei usein tulla ajatelleeksi, että suurin osa rakennuksen elinkaaren aikaisista kustannuksista syntyy käyttövaiheessa ja vain pieni osa muodostuu alkuvaiheen rakennuskustannuksista. Investoimalla rakennusvaiheessa hieman enemmän energiatehokkaisiin ratkaisuihin voitaisiin säästää huomattavia summia rakennuksen elinkaaren aikana. Lyhytnäköinen säästäminen rakennuksen suunnittelu- ja rakennusvaiheessa kostaustuu yleensä moninkertaisesti varsinaisessa käyttövaiheessa,

sillä energiatehokkuutta parantavat muutostyöt voivat olla huomattavasti kalliimpia ja jopa mahdottomia toteuttaa enää siinä vaiheessa, kun rakennus on jo täydessä käytössä.

Uusissa rakennuksissa kannattaa jo rakennusvaiheessa myös panostaa riittävän kattavaan energiamittarointiin. Uudet rakennukset ovat nykyaikaisen tekniikan ansiosta luontaisesti energiatehokkaampia kuin vanhat rakennukset, mutta ainoastaan riittävän perusteellisella mittaroinnilla energiatehokkuus voidaan käytännössä todentaa. Edellä mainittuihin teknisiin säätöihin ja käyttäjien osaamattomuuteen liittyvien riskien minimoimiseksi mittarointi on myös käytännöllinen apuväline, koska vain mittarointi tuottaa todellista, mitattua tietoa rakennuksen toiminnasta ja energiankulutuksesta.

Uuden rakennuksen alkuvaiheessa menee tavallisesti aikaa käyttöönottoon eli vaiheeseen, jolloin rakennusvaiheen puutteita huomataan, rakennusvirheitä korjataan ja rakennuksen säätöjä muokataan käyttäjien toiveiden mukaisiksi. Käyttöönottovaiheessa rakennus ajetaan ylös ja sen toimintaa optimoidaan. Tämä voi vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen niin nostavasti kuin laskevasti, mutta jälleen mittarointi on ainoa varma keino seurata muutoksia energiankulutuksessa. Uuden rakennuksen käyttöönottovaiheessa ei yleensä ole perusteltua etsiä kulutussäästöjä, vaan huolehtia siitä, että kulutus ei lähde ainakaan hallitsemattomasti nousemaan. Mittaroinnin avulla uuden rakennuksen energiankulutukselle voidaan määritellä lähtötaso, jota voidaan käyttää vertailun referenssinä rakennuksen myöhemmissä elinkaaren vaiheissa.

### **2.3.2 Olemassa oleva rakennus**

Uudisrakennuksiin verrattuna vanhemmissa kohteissa kiinteistötekniikan säädöt on ehditty usein saada vuosien varrella kohdalleen, joten uusia tehokkaampia säätöjä voi olla vaikeaa löytää perinteisin keinoin esimerkiksi asiantuntijoiden tekemillä energiakatselmoineilla. Tämän vuoksi energiamittarointi on paras apuväline säätöjen tarkasteluun ja säästöjen etsimiseen. Ongelmana kuitenkin on, että vanhoihin rakennuksiin on usein asennettu pelkästään päätason mittarointi, jolla ei päästä käsiksi lainkaan laitekohtaisiin kulutuslukemiin.

Toisaalta energiatehokkuuden parantamista rajoittaa myös vanha kiinteistötekniikka. Vanha laitekanta ja vanhat tai jopa olemattomat säätöjärjestelmät ovat tyypillisiä useita vuosikymmeniä vanhoissa rakennuksissa, joten energiatehokkuuden parantaminen voi olla erittäin haasteellista, ellei itse kiinteistötekniikkaa uusita nykyistä energiatehokkaammaksi. Vanhoissa rakennuksissa on aina enemmän tai vähemmän tällaista korjausvelkaa, mutta rahaa saneeraukseen ja tekniikan uusimiseen on käytössä vain rajallisesti.

Jotta löydetään rakennuksen omistajan kannalta kannattavimmat saneerauskohteet, on perusteltua kerätä luotettavaa mittaustietoa päätöksen taustalle energiamittaroinnin avulla. On aina rakennuksen omistajan kannalta helpompaa tehdä perusteltuja investointeja, jotka pohjautuvat todellisiin mittaustietoihin, kuin tehdä investointeja, jotka perustuvat oletuksiin rakennuksen toiminnasta. Mittarointi-investointi on kuitenkin suhteellisen pieni verrattuna varsinaisen tekniikan uusimiseen käytettyyn rahasummaan.

## 2.4 Rakennuksen toimijat

Tässä luvussa tutkitaan energiamittaroinnista saatavia hyötyjä rakennuksen eri toimijoiden näkökulmasta. Kullakin toimijalla on oma tehtävänsä rakennuksen toiminnan kannalta, joten mittaroinnin avulla kullekin voidaan tuottaa sellaista tietoa, joka hyödyttää heitä eniten.

### 2.4.1 Kiinteistöpäällikkö

Kiinteistöpäällikkö vastaa kohteessaan rakennuksen toiminnan ja päivittäisten ylläpitoprosessien johtamisesta. Kiinteistön johtamisessa on tärkeää, että kiinteistöpäälliköllä on rakennuksen toiminnasta mahdollisimman paljon ajantasaista ja luotettavaa tietoa käytössään. Johtaminen muodostuu päivittäin toistuvista rutiineista ja niiden valvonnasta sekä vaativasta pitkän tähtäimen suunnittelusta (PTS). Molempien tehtävien menestyksenkäs hoitaminen edellyttää luotettavaa tietoa kiinteistöpäällikön tekemien päätösten tueksi.

Tässä rakennuksen kattava energiamittarointi voi olla tärkeä työkalu niin rakennuksen jokapäiväisten ongelmien ratkaisuun kuin myös pitkän tähtäimen suunnitteluun. Kiinteistöpäällikkö joutuu työssään miettimään esimerkiksi ilmanvaihdon ja valaistuksen toimivuutta kohteessaan, mutta hänellä ei yleensä ole aikaa seurata yksittäisiä ilmanvaihtokoneita tai valaisimia. Jos kiinteistötekniikka on mittoitu ja etäluennassa, sen toimintaa on helppoa seurata etänä mistä vain. Myös olemassa olevien mittareiden etäluentamahdollisuuteen tulisi kiinnittää huomiota, sillä on hyvin työlästä ja pitkällä tähtäimellä kallista, kun esimerkiksi huoltomies joutuu kerran kuukaudessa lukemaan kaikki rakennuksen mittarit manuaalisesti.

Kiinteistöpäällikön vastuulla on myös rakennuksen energiatehokkuus ja sen parantaminen pitkällä tähtäimellä. Rakennuksen tekninen käyttöikä on useita kymmeniä vuosia, joten kiinteistöpäällikön on pystyttävä tekemään onnistuneita päätöksiä rakennuksen vaatimista korjaustoimenpiteistä, joilla rakennus pysyy toimintakuntoisena koko elinkaarensa ajan. Korjaustoimenpiteiden ajoittaminen on erittäin haasteellista, sillä niiden suunnittelu ja toteutus on hidas prosessi. Mitä aiemmin tuleva korjaustarve on kiinteistöpäällikön tiedossa, sitä halvemmaksi se yleensä tulee, sillä vain akuuttien vikojen korjaaminen ei koskaan ole optimaalinen tilanne rakennuksen käytön ja kustannusten kannalta. Mittaroinnin avulla tulevat korjaustarpeet voidaan selvittää hyvissä ajoin etukäteen.

### 2.4.2 Käyttäjä

Rakennuksen käyttäjiä energiankulutus kiinnostaa erityisesti, koska käyttäjät maksavat aina tavalla tai toisella omat energiakulunsa. Mikäli käyttäjät ovat vuokralaisia, sähkönkulutus yleensä mitataan erillisellä alamittarilla, jota rakennuksen omistaja käyttää suoraan kuukausittaisena laskutusperusteena. Jos vuokralainen kuluttaa

merkittävästi lämpöenergiaa ja vettä, myös ne on yleensä erikseen mittaroitu. Toinen vaihtoehto on, että vuokralaisen kaikki energiakulut arvioidaan jollakin tarkkuudella ja sisällytetään tämän jälkeen kuukausittaiseen vuokraan, jolloin vuokralainen maksaa kiinteää hintaa kuukausittain riippumatta siitä mitä todellisuudessa kuluttaa. Näin toimitaan käytännössä vain pienten vuokralaisten kohdalla.

Käyttäjän kannalta mahdollisimman tarkassa omassa mittaroinnissa on monia etuja kiinteään laskutukseen verrattuna. Oman mittarin perusteella tapahtuva laskutus on aina tarkka, koska se perustuu todelliseen kulutukseen, jolloin käyttäjä ei joudu maksamaan ainakaan ylimääräistä rakennuksen omistajalle. Toisaalta mittarointiin perustuva laskutus tarkoittaa sitä, että käyttäjä voi suoraan omalla toiminnallaan vaikuttaa energialaskujensa suuruuteen, jolloin käyttäjällä on rahallinen kannustin energiankulutuksen vähentämiseen. Kun käyttäjä haluaa säästää ja tekee toimenpiteitä kulutuksen vähentämiseksi, nähdään välittömästi muuttuuko kulutus seuraavissa laskuissa. Näin käyttäjä saa välitöntä palautetta toimiensa tehokkuudesta, ja lisäksi syntyy motivaatio lisäsäästöjen etsimiseen, kun vaikutukset nähdään käytännössä pienenevinä energialaskuina.

### 2.4.3 Controller

Controllerin työtehtävät liittyvät pääosin yrityksen taloushallintoon ja laskentatoimeen. Controllereiden yleisimpiä työtehtäviä ovat taloudellisen tiedon tuottaminen ja analysointi, raportointi, raportointijärjestelmien ja suorituskykymittaristojen ylläpitäminen ja kehittäminen, taloudellisten ohjeistusten laatiminen, yrityksen taloudellisena neuvonantajana toimiminen sekä päätöksenteon tukeminen [6].

Yrityksen energiankulutuksen kannalta controllereiden työtehtäviin kuuluvat energiankulutuksen seuranta, raportointi, ennakointi ja budjetointi. Näiden tehtävien automatisointi mahdollisimman pitkälle helpottaa controllerin päivittäistä työtä huomattavasti. Automatisointi tässä yhteydessä tarkoittaa etäluettavan energiankulutuksen raportointijärjestelmän ja energiamittaroinnin kehittämistä. Niiden avulla controllerin manuaalinen kulutuksen seuranta ja raportointi voidaan minimoida, kun energiankulutustieto on aina luettavissa ja raportoitavissa etäyhteyden avulla erittäin joustavasti.

Toisaalta energiamittaroinnin automatisointi tarkoittaa sitä, että kulutustieto tallennetaan aina sähköiseen tietokantaan, jolloin historiallista kulutustietoa voidaan helposti käyttää tulevan kulutuksen ennakoimiseen. Tulevan kulutuksen arvioinnissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon rakennuksen käyttöaste, joka voi vaihdella eri vuosien välillä ja vaikuttaa siten rakennuksen energiankulutukseen. Kulutusennusteita voidaan luonnollisesti käyttää hyväksi myös budjetoinnissa, mutta tällöin eri energiamuotojen hintakehitys täytyy ottaa huomioon. Controller joutuu budjetoinnissa arvioimaan energian tulevaa hintakehitystä, ellei yritys maksa energiasta kiinteää hintaa tai ole muuten kiinnittänyt hintaa tulevaisuuden kannalta.

Koska hintakehitys voi aiheuttaa suurta epävarmuutta budjetointiin, monet yritykset pyrkivät välttymään hinnan nopeilta nousuilta ja äkillisiltä hintapiikeiltä esimerkiksi tekemällä pitkiä energiasopimuksia tai ostamalla energiaa ennakoon kiinteällä hinnalla. Kun controller voi työssään hyödyntää yrityksen energiamittarointiin

perustuvaa kulutusprofiilia, hintasuojaukset voidaan tehdä mahdollisimman tarkasti ja kannattavasti. Siten yrityksen energiakustannukset pysyvät mahdollisimman ennustettavina ja kustannuskehitys on hyvin hallittavissa.

#### **2.4.4 Laskuttaja**

Laskuttajalla tarkoitetaan käytännössä rakennuksen omistajaa, joka laskuttaa vuokralaisia rakennuksen käytöstä. Rakennuksen omistaja voi toisaalta olla myös itse rakennuksen käyttäjä, jolloin laskutus hoidetaan yleensä sisäisenä laskutuksena. Kun rakennuksen omistajana ja käyttäjänä toimii sama yritys, energiamittaroinnin hyödyt yritykselle ovat samat kuin tavallisella vuokralaiskäyttäjällä luvussa 2.4.2 kuvatulla tavalla.

Rakennuksen omistaja perii rakennuksen energiakulut aina rakennuksen käyttäjiltä joko kiinteällä veloituksella tai todelliseen kulutukseen perustuvalla veloituksella, kuten luvussa 2.4.2 on kuvattu. Kun laskutus perustuu todellisiin kulutuslukemiin, laskuttajan työtä helpottaa merkittävästi mittarien etäluentamahdollisuus, jonka avulla laskut on mahdollista jopa täysin automatisoida.

Vuokralaisille asennettujen etäluettavien mittarien ansiosta laskuttaja säästyy manuaaliselta mittarien luennalta, mikä on etenkin suurten kiinteistömassojen omistajille merkittävä etu, koska vuokralaisia on paljon ja vuokrakohteet ovat usein hajallaan. Kun laskutustiedot ovat helposti ja nopeasti laskuttajan käytettävissä, vuokralaisten laskutusväli voidaan pitää lyhyenä. Vuokralaisen kannalta esimerkiksi kuukausittaisen laskutuksen etuna on, että maksetut summat pysyvät kohtuullisina verrattuna useamman kuukauden kertalaskutukseen.

Omistajan näkökulmasta energiamittaroinnista on hyötyä myös rakennusomaisuuden arvonnäilyksessä. Kun tiedetään tarkasti ja pystytään erittelemään rakennuksen energiankulutus, rakennuksen myyntitilanteessa mittaustietojen perusteella arvo voidaan määrittää yhdellä lisäkrityerillä. Rakennuksen nykyisen ja tulevan omistajan kannalta on todella olennaista tietää, kuinka paljon rakennuksen käyttö maksaa energiakulujen kautta.

### **2.5 Rakennuksen hallinto**

Tässä luvussa käsitellään rakennuksen hallintaa sekä sen tuottamia haasteita ja edellytyksiä energiamittaroinnin käytännön hallintaan. Erityisesti tarkastellaan rakennuksen teknisen hallinnan vaikutusta energiamittarointiin. Rakennuksen hallinnolla eli hallinnasta vastaavilla tarkoitetaan tässä yhteydessä kiinteistöpäällikköä sekä rakennuksen huollosta ja ylläpidosta vastaavia henkilöitä, jotka ovat joko organisaation omia tai ulkoistettuja huoltomiehiä.

Energiamittarointi toimii yhtenä tärkeimmistä informaatiokanavista käyttäjien ja hallinnon välillä. Kun rakennukseen on asennettu kattava energiamittarointi, hallinto voi sen avulla koota hyödyllistä tietoa rakennuksen käytöstä ja energiankulutuksesta, mikä

toimii myös suorana palautteena käyttäjien energiatehokkuudelle. Toisaalta hallinto saa myös itse palautetta energiamittaroinnin avulla, sillä heidän toimintansa vaikuttaa energiankulutukseen vähintään yhtä paljon kuin käyttäjien, ellei jopa enemmän.

### **2.5.1 Oma hallinto**

Kun rakennusta hallinnoi käyttäjän oma organisaatio, on yhteistyö ja tiedonkulku yleensä ongelmattomaa käyttäjien ja hallinnon välillä. Tämä on erityisen tärkeää siksi, että hallinto saisi jatkuvasti palautetta käyttäjiltä rakennuksen olosuhdemuutoksista. Energiatehokkuuteen vaikuttavat erityisen paljon rakennuksen käyttöaste ja sisäilmaston olosuhteet, joten hallinto tarvitsee niistä reaaliaikaista tietoa ja käyttäjäpalautetta voidakseen säätää kiinteistötekniikan toimimaan oikealla tavalla. Rakennusautomaatiojärjestelmä ja energiamittarointi tuottavat tarvittavaa tietoa, mutta myös vuoropuhelua käyttäjien kanssa tarvitaan.

Hallinnasta vastaavien henkilöiden tekninen osaaminen ja perehtyneisyys energiatehokkuuteen vaikuttavat merkittävästi rakennuksen energiankulutukseen. Tämä johtuu siitä, että samat ominaisuudet vaikuttavat myös siihen, kuinka hyvin hallinto osaa käyttää saatavilla olevaa tietoa hyväkseen. Energiamittarointi ja siitä saatava mittaustieto ovat täysin turhia, jos hallinto ei seuraa mittareita aktiivisesti ja reagoi niistä saatuihin tuloksiin. Jos esimerkiksi rakennuksen energiankulutus nousee selittämättömästi, osaava hallinto pystyy löytämään syyn kulutuksen nousulle energiamittarointijärjestelmän avulla.

Toisaalta myös itse energiamittarointijärjestelmän hallinta asettaa omat vaatimuksensa hallinnolle. Järjestelmän tehokas käyttö ja ylläpito asettaa vaatimuksia hallinnolle osaamisen ja asiantuntijuuden näkökulmasta. Järjestelmän tietojen hyödyntäminen vaatii hallinnolta energiatekniikan ja –tehokkuuden osaamista, kuten edellisessä kappaleessa todettiin. Järjestelmän ylläpito puolestaan asettaa omat vaatimuksensa hallinnon IT-osaamiselle. Tavallisilla kiinteistöpäälliköillä ja huoltomiehillä ei välttämättä ole tähän tarvittavaa osaamista, mutta rakennuksen oman hallinnon tapauksessa osaamista on kuitenkin lähes aina samassa organisaatiossa, koska rakennuksen muiden IT-järjestelmien toiminta vaatii omat vastuuhenkilönsä.

### **2.5.2 Ulkoistettu hallinto**

Ulkoistetun hallinnon tapauksessa vaatimukset tekniselle osaamiselle ovat täysin samat kuin omassa hallinnossakin. Haasteena on kuitenkin se, että rakennusteknisen osaamisen lisäksi ulkoistetulla hallinnolla tulisi olla ainakin perustiedot IT:n osalta. Ulkoistetuilla kiinteistöpäälliköillä ja huoltomiehillä voi olla monia eri kohteita hallinnassaan, joten heillä ei usein ole aikaa keskustella jokaisen kohteen IT-osaston kanssa energiamittaroinnista. Toisaalta mitään keskusteluyhteyttä ei välttämättä edes ole, sillä IT-osastokin voi olla ulkoistettu siten, että kohteessa ei ole fyysisesti paikalla ketään IT-asiantuntijaa. Tällöin ainoaksi vaihtoehdoksi jää, että ulkoistetulla hallinnolla

on itsellään riittävät valmiudet, jolloin energiamittarointijärjestelmän vaatima IT-osaaminen tulee kokonaan kohteen ulkopuolelta.

## **2.6 Mittaroinnin kehittyminen tulevaisuudessa**

Tulevaisuudessa energiamittarointijärjestelmää olisi mahdollista hyödyntää sellaisiin käyttötarkoituksiin, joille ei välttämättä vielä tällä hetkellä ole riittävästi kysyntää. Yksi mahdollisista käyttösovelluksista voisi olla energian hintatiedon hyödyntäminen entistä enemmän energian kulutusta ohjaavana tekijänä. Nykyään pohjoismaisen sähköpörssin, Nord Pool Spotin, kautta on mahdollista saada sähkön tuntikohtainen pörssihinta jo edellisenä päivänä, joten tätä tietoa voisi käyttää mittaroinnin avulla sähkönkulutuksen dynaamiseen ohjaamiseen. Dynaamisessa ohjauksessa merkittäviä sähkökuormia siirrettäisiin kalliiden sähkötuntien ajalta halvempien tuntien kulutukseksi.

Toinen uusista tulevaisuuden käyttösovelluksista voisi liittyä uusiutuvan energian pientuotantoon, joka todennäköisesti tulee merkittävästi lisääntymään lähivuosina. Tämä asettaa luonnollisesti omat haasteensa energiamittarointijärjestelmälle, sillä perinteiset sisään syötettävän ostoenergian mittarit eivät riitä, jos rakennuksessa halutaan mitata myös tuotettavaa energiaa. Pienissäkin asuinkiinteistöissä voi tulevaisuudessa olla tarvetta muille kuin perustason mittareilla, sillä kahdensuuntainen mittaus tarvitaan mm. pientuotannon syöttämiseksi verkkoon, laitekannan dynaamisia hintaohjauksia varten sekä energiankulutuksen maksimitason rajoittamiseksi.

Sähkön piikkikulutuksen leikkaus voi olla edellä mainittujen ohella yksi uusista energiamittaroinnin tulevista käyttösovelluksista, sillä monissa sähköliittymissä kuukauden tai vuoden suurimmat kulutuspiikit toimivat pätöteho- ja loistehomaksun laskentaperusteena. Jos suurimpia kulutuspiikkejä pystytään energiamittaroinnin avulla leikkaamaan, voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä.



### 3 Uudet rakentamismääräykset

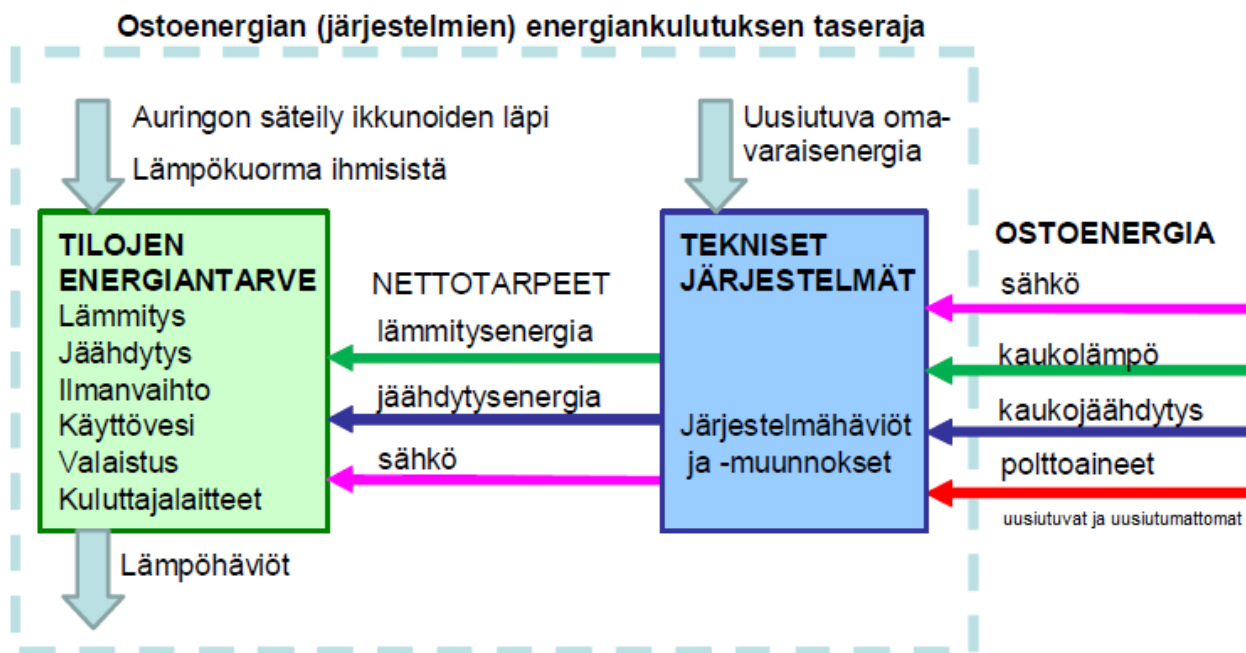
#### 3.1 Asetukset rakennusten energiatehokkuudesta

Rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa viranomaisten määräykset ja asetukset ovat merkittävässä roolissa, sillä energiatehokkuuden parantamiseen tähtäävät vapaaehtoiset investoinnit eivät toistaiseksi ole olleet riittävän suosittuja. Viranomaisten säätämällä asetuksilla rakentajat ja rakennusyhtiöt voidaan velvoittaa kehittämään energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja ja innovaatioita. Tärkein lähivuosina rakennusten energiatehokkuuteen vaikuttava asetus on Ympäristöministeriön 30.3.2011 antama Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3, joka käsittelee rakennusten energiatehokkuutta ja on astunut voimaan 1.7.2012.

Rakentamismääräyskokoelman määräykset ja ohjeet koskevat kaikkia uusia rakennuksia, joiden lupahakemukset on jätetty 1.7.2012 jälkeen. Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 ja luvussa 2.2 eriteltyjen rakennusten ulkopuolelle jää kuitenkin erikoisperusteiden takia joitakin rakennuksia, joita uudet rakentamismääräykset eivät koske. Määräykset eivät koske tuotantorakennuksia, joissa tuotantoprosessissa syntyy niin paljon lämpöenergiaa, ettei rakennuksen lämmittäminen huonelämpötilaan vaadi juuri lainkaan muuta lämmitysenergiaa. Talvella runsas lämmöneristys puolestaan nostaisi rakennuksen lämpötilaa haitallisesti ja lisäisi mahdollisesti jäähdytyksen tarvetta. [4, s.3]

Määräysten ulkopuolelle jäävät myös kaikki rakennukset, joiden *lämmitetty nettoala on korkeintaan 50 m<sup>2</sup>, ja muut kuin asuinkäyttöön tarkoitetut maatalousrakennukset, joissa energiankäyttö on vähäistä.* Toisaalta määräykset eivät sido *kasvihuoneita, väestönsuojia tai muita rakennuksia, joiden käyttö tarkoitustaan vastaavalla tavalla vaikeutuisi kohtuuttomasti.* Määräykset eivät myöskään koske *loma-asuntoja, joissa ei ole kokovuotiseen käyttöön tarkoitettua lämmitysjärjestelmää.* Myös määräaikaiset rakennukset, kuten *väliaikaiseen käyttöön tarkoitetut koulu- ja päiväkotirakennukset,* on jätetty määräysten ulkopuolelle. [4, s.3]

Rakentamismääräyskokoelman osassa D3 määritellään rakennuksen energiatehokkuus kokonaisenergiankulutuksen kautta, kun aikaisemmissa määräyksissä rakennuksen energiatehokkuus määriteltiin lähinnä lämpöhäviöiden ja lämmöneristysten perusteella. Määräykset tulevat tässä vaiheessa koskemaan vain uudisrakentamista ja niiden sisältämä keskeinen muutos on rakennukselle tehtävä kokonaisenergiatarkastelu kuvan 1 mukaan. Kokonaisenergiatarkastelu koskee kaikkea rakennuksessa tapahtuvaa energiankulutusta, jolloin siinä otetaan huomioon lämmityksen lisäksi muun muassa jäähdytys, ilmanvaihto, valaistus ja lämmin vesi.



Kuva 1. Rakennuksen ostoenergian kulutus. [4, s. 6]

Kokonaisenergiatarkastelun tärkein tunnusluku ja ohjauksen väline on jokaiselle rakennukselle laskettava E-luku. E-luvun laskennassa huomioidaan sekä rakennuksen ostoenergiankulutus ( $\text{kWh} / \text{m}^2$ ) että käytettävän energian tuotantomuoto. E-luvun laskennan lähtötiedot ja tulokset esitetään liitteen B taulukoiden B1 ja B2 mukaisesti.

Rakennuksen *E-luku* saadaan laskemalla yhteen ostoenergian ja energiamuotojen kertoimien tulot energiamuodoittain [4, s.8] kaavan 1 mukaan. Eri energialähteille on määriteltä energiamuodon kerroin, joka perustuu kyseisen energialähteen luonnonvarojen käyttöön. Eri energiamuotojen kertoimet on esitetty taulukossa 1.

$$E\text{-luku} = \sum \text{rakennukseen ostettu energia} * \text{energiamuodon kerroin} \quad (1)$$

Taulukko 1. Energiamuotojen kertoimet.

Energiamuoto	Energiamuodon kerroin
Sähkö	1,7
Kaukolämpö	0,7
Kaukojäähdytys	0,4
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Uusiutuvat polttoaineet	0,5

*Rakennuksen ostoenergian kulutuksella tarkoitetaan energiaa, joka hankitaan rakennukseen sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, kaukojäähdytysverkosta ja uusiutuvan tai fossiilisen polttoaineen sisältämänä primäärienergiana. Ostoenergiaan sisältyy lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien sekä valaistuksen ja kuluttajalaitteiden energiankulutus. [4, s. 6] E-lukua laskettaessa on huomattava, että uusiutuva omavaraisenergia jätetään laskuissa ostoenergian ulkopuolelle ja se vähentää ostoenergian kulutusta, joten energiamuotojen kertoimia käytetään ainoastaan ostoenergialle [4, s.8].*

*Uusiutuvalla omavaraisenergialla tarkoitetaan paikallisilla uusiutuvilla energialähteillä tuotettua energiaa, joka tuotetaan kiinteistöön kuuluvalla laitteistolla. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa on esimerkiksi aurinkopaneeleilla ja -keräimillä, paikallisella tuulivoimalla ja lämpöpumpuilla tuotettu energia. Uusiutuvat polttoaineet sen sijaan luokitellaan uusiutuvaksi ostoenergiaksi. Uusiutuviin polttoaineisiin lasketaan kuuluviksi puu ja puupohjaiset sekä muut biopolttoaineet pois lukien turve, joka lasketaan uusiutumattomaksi polttoaineeksi. [4, s.7]*

E-luvun tarkastelu tarkoittaa käytännössä, että rakennuksen kokonaisenergiankulutukselle määrätään rakennustyyppikohtainen yläraja rakennuksen käyttötarkoitukseluokan mukaan. Käyttötarkoitukseluokkien suurimmat sallitut E-luvut on esitetty taulukossa 2. Kuten taulukosta huomataan, käyttötarkoitukseluokan 1 talojen E-luvun yläraja riippuu talon pinta-alasta. Vaatimukset ovat lievemmat pienille pientaloille, koska pienissä pientaloissa nurkkien lämpöhäviöt ovat suhteessa suuremmat kuin suurissa pientaloissa. Myös hirsitaloille sallitaan  $25 \text{ kWh} / \text{m}^2$  suurempi E-luku kuin muille samankokoisille taloille, koska halutaan turvata perinteinen hirsirakentaminen, ja lisäksi hirsitalot kuormittavat ympäristöä normaalia vähemmän elinkaarensa aikana.

Taulukko 2. Uudisrakennusten suurimmat sallitut E-luvut.

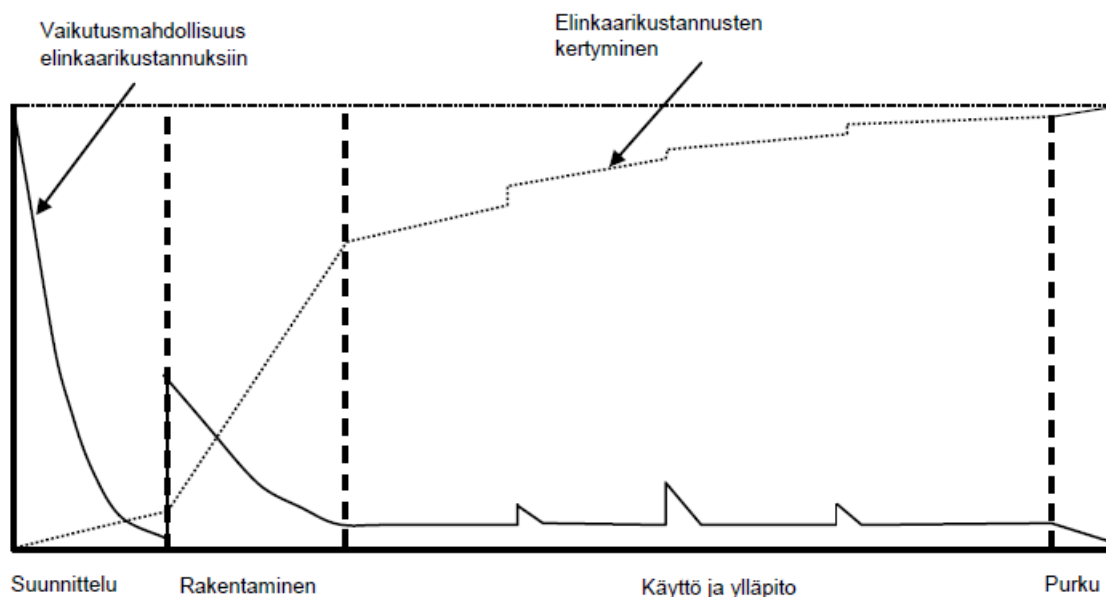
Luokka	Erillinen pientalo, rivi- ja ketjutalo	Lämmitetty nettoala, $A_{\text{netto}}$	kWh / m <sup>2</sup> vuodessa
1	Pientalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$ $120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$ $150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$ $A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	204 $372 - 1,4 * A_{\text{netto}}$ $173 - 0,07 * A_{\text{netto}}$ 130
	Hirsitalo	$A_{\text{netto}} < 120 \text{ m}^2$ $120 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 150 \text{ m}^2$ $150 \text{ m}^2 \leq A_{\text{netto}} \leq 600 \text{ m}^2$ $A_{\text{netto}} > 600 \text{ m}^2$	229 $397 - 1,4 * A_{\text{netto}}$ $198 - 0,07 * A_{\text{netto}}$ 155
	Rivi- ja ketjutalo		150
Luokka 2	Asuinkerrostalo		130
Luokka 3	Toimistorakennus		170
Luokka 4	Liikerakennus		240
Luokka 5	Majoitusliikerakennus		240
Luokka 6	Opetusrakennus ja päiväkot		170
Luokka 7	Liikuntahalli pois lukien uima- ja jäähalli		170
Luokka 8	Sairaala		450
Luokka 9	Muut rakennukset ja määräaika-		E-luku on laskettava, mutta sille ei ole asetettu vaatimusta

Rakennusmääräysten muutos lisää merkittävästi rakennusten suunnittelun vapautta. Riittävän pieneen E-lukuun on mahdollista päästä useilla erilaisilla tavoilla.

Energiamuodoille annetut kertoimet kannustavat käyttämään kaukolämpöä sekä uusiutuvia energianlähteitä, kuten pellettejä ja maalämpöä. Sähkölle on annettu korkea energiamuodon kerroin, koska sähkö on hyvin pitkälle jalostettu tuote, jota voidaan käyttää moniin eri tarkoituksiin. Erilaiset koneet ja laitteet tarvitsevat sähköä, jota ei voi korvata millään muulla energiamuodolla. Sähkön korkealla energiamuodon kertoimella pyritään vähentämään sähkön käyttöä primäärienergiana, esimerkiksi suorassa lämmöntuotannossa. Toisaalta myös suoralla sähkölämmityksellä varustettu pientalo voi saavuttaa vaaditun E-luvun, jos talo on matalaenergiatasoinen ja siinä on esimerkiksi varaava takka toisena lämmitysvaihtoehtona [7].

Rakentamismääräysten uudistuksella halutaan ohjata sekä energiansäästöön että päästöjen vähentämiseen. Määräysten tiukennus tarkoittaa keskimäärin 20 prosentin parannusta nykyisten määräysten vaatimaan energiatehokkuuteen. Investointikustannusvaikutukset eivät tule kuitenkaan nousemaan merkittävästi verrattuna nykyisiin, vuonna 2010 voimaan tulleisiin määräyksiin. [7]

Kuvasta 2 voidaan havaita, että rakennuksen elinkaarikustannuksista noin 10 % syntyy suunnittelukustannuksista, noin 60 % rakennuskustannuksista ja loput 30 % käyttö-, ylläpito- ja purkukustannuksista. Vaikutusmahdollisuus elinkaarikustannuksiin on suurimmillaan suunnittelun ja rakentamisen alkuvaiheissa, joten näissä vaiheissa tulisi erityisesti panostaa energiatehokkuuteen. Investointi energiatehokkuuteen suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa pienentää rakennuksen käytönaikaisia kustannuksia ja hillitsee asumiskustannusten nousua energian hinnan noustessa.



Kuva 2. Vaikutusmahdollisuus elinkaarikustannuksiin ja niiden kertyminen rakennushankkeen eri vaiheissa. [8 s.18].

Energiamittarointijärjestelmän kannalta uudet rakentamismääräykset edellyttävät, että rakennukset varustetaan tulevaisuudessa energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella, jotta eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää E-luvun laskemista varten. Rakennuksen mittaroinnista voidaan luopua, jos mittaroinnin

*rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi ja eri energiamuotojen käyttö saadaan muuten selville. [4, s.16]*

*Kaikkien rakennusten energiamittarointijärjestelmän tulee sisältää ainakin sähkönmittaus, joka mittaa rakennuksen koko sähköenergiankulutusta sekä lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutuksen mittaus. Muut kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennukset täytyy varustaa lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella ja tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertopiirin paluun vesivirran ja lämpötilan mittauksella. Lisäksi muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten ilmanvaihtojärjestelmä on varustettava sähkönkulutuksen mittauksella lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ominaissähköteho on helposti mitattavissa. [4, s.16]*

*Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten jäähdytysjärjestelmä tulee varustaa sähkönkulutuksen mittauksella. Jäähdytysjärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa siten, että järjestelmän ottama sähköteho ja tuottama jäähdytysenergia ovat helposti mitattavissa. Edellisten vaatimusten lisäksi muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennusten kiinteä valaistusjärjestelmä täytyy varustaa sähkönkulutuksen mittauksella. [4, s.16-17]*

### **3.2 Nolla- ja plusenergiarakentaminen**

Tässä luvussa käsitellään nollaenergia- ja plusenergiarakentamista sekä niiden todentamista energiamittaroinnin avulla. Luvussa määritellään aluksi, mitä nollaenergia- ja plusenergiataloilla tarkoitetaan. Myöhemmin luvussa käsitellään käytännön esimerkkinä Mäntyharjun Loma-asuntomessujen 2011 Kivitasku-nollaenergiataloa, johon Rejlers Energiapalvelut on toteuttanut energiamittarointijärjestelmän.

Nollaenergiatalolle on tällä hetkellä useita erilaisia määritelmiä. Taloudellisen näkökulman mukaan rakennuksesta ulos myydyin energian arvon pitää olla vähintään sama kuin sisään ostetun energian kustannus. Energian laatua koskevan kriteerin mukaan rakennuksessa käytetään vain uusiutuvaa energiaa, joka voidaan tuottaa myös muualla kuin rakennuksessa. Energiariippuvuuden määritelmässä katsotaan, että rakennuksen tulisi olla täysin riippumaton kaikista ulkopuolisista energialähteistä. [9]

Nollaenergiatalo tuottaa uusiutuvaa energiaa vähintään saman verran kuin se kuluttaa uusiutumatonta energiaa. Plusenergiatalo puolestaan tuottaa energiaa vuositasolla enemmän kuin se kuluttaa, jolloin ylimääräinen energia voidaan myydä ulos. Tällä hetkellä nykyisen lainsäädännön puitteissa ylimääräisen energian myynti sähköverkkoon on Suomessa mahdollista, mutta ei vielä kovin yleistä. Jotkut sähköyhtiöt kuitenkin ostavat pientuotannosta syntyvää ylijäämäsähköä verkkoonsa.

Nollaenergia- ja plusenergiarakentamisen voimakas yleistyminen vaatisi mahdollisuutta siirtyä keskitetystä energiantuotannosta hajautettuun ja alueelliseen energiantuotantoon, jossa tietyn asuinalueen talot muodostaisivat oman energiaverkkonsa. Toinen vaihtoehto olisi ottaa valtakunnan verkossa käyttöön uusiutuvan energian syöttötariffi, joka koskisi myös uusiutuvaa pientuotantoa. [9]

Nollaenergiatason saavuttamiseksi rakennuksen energiantarve pitää minimoida siten, että vuositasolla nettoenergiankulutus on 0 kWh/m<sup>2</sup>. Tämä vaatii tilojen ja käyttöveden lämmityksen energiantarpeen pienentämistä, energiatehokasta valaistusjärjestelmää sekä luonnonvalon maksimaalista hyödyntämistä. Valaistusjärjestelmässä tulee pyrkiä siihen, että järjestelmän energiantarve on alle puolet tavanomaisesta. Myös talon kaikkien elektroniikkalaitteiden ja taloteknisten järjestelmien tulee olla hyvin energiatehokkaita. [9]

Plusenergiatalo tuottaa energiaa yli oman tarpeen eli energiaa jää myytäväksi. Plusenergiataso on mahdollista saavuttaa esimerkiksi energiantarpeen minimoinnilla, lämpöhäviöiden pienentämisellä, energiatehokkailla laitteilla ja passiivisella aurinkolämmityksellä, jolla tarkoitetaan sitä, että rakennus on arkkitehtuuriltaan avoin etelään ja suljettu pohjoiseen. Rakennuksen sähkö voidaan tuottaa esimerkiksi aurinkovoimalla, tuulivoimalla tai polttokennoilla. [9]

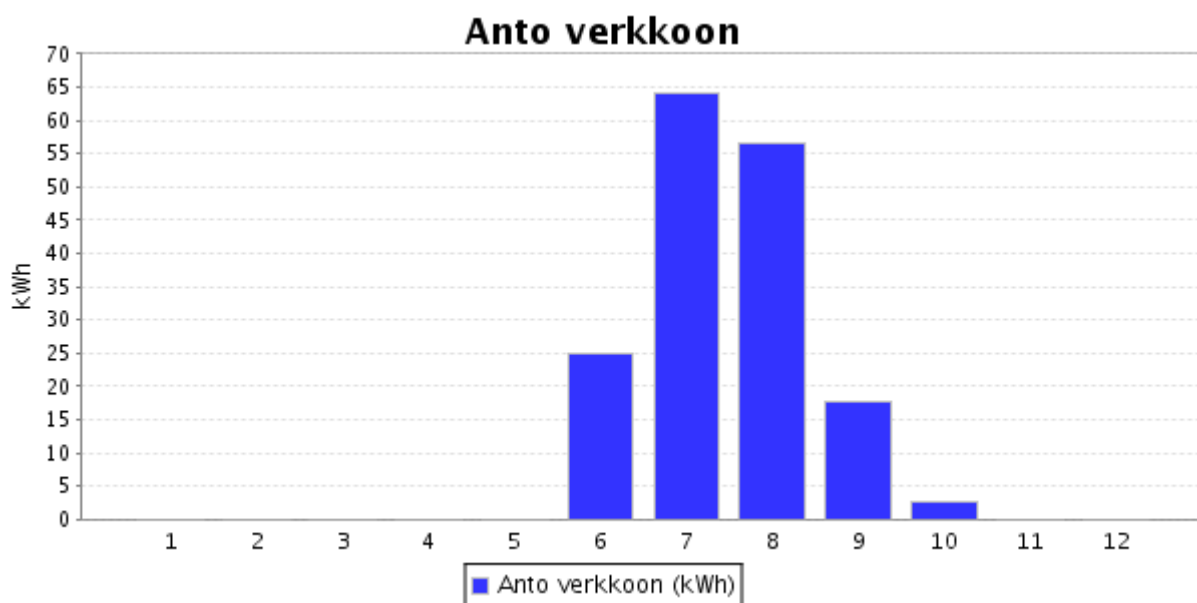
Kuvassa 3 on Mäntyharjun Loma-asuntomessuille 2011 rakennettu Kivitasku-nollaenergiatalo, jossa on panostettu erityisesti talon energiatehokkuuteen, asumisen ekologisuuteen ja elinkaaren aikaisiin ympäristövaikutuksiin. Kivitaskun LVI- ja sähköjärjestelmissä pyritään hyödyntämään mahdollisimman paljon uusiutuvia energialähteitä, jotta nollaenergiataso saavutettaisiin. Kivitaskussa kaikki lämpö tuotetaan maa- ja aurinkolämmöllä. Talon jäähdytys on toteutettu ilmanvaihdon avulla. Lisäksi kohteessa on vesikiertoinen lattialämmitys ja koneellinen ilmanvaihto. Kivitaskussa sähköä tuotetaan aurinkokennoilla, joiden teho on noin 3 kW. Parhaimmillaan kesä- ja heinäkuussa noin kuudesosa talon kokonaissähköstä pystytään tuottamaan aurinkovoimalla. [10]



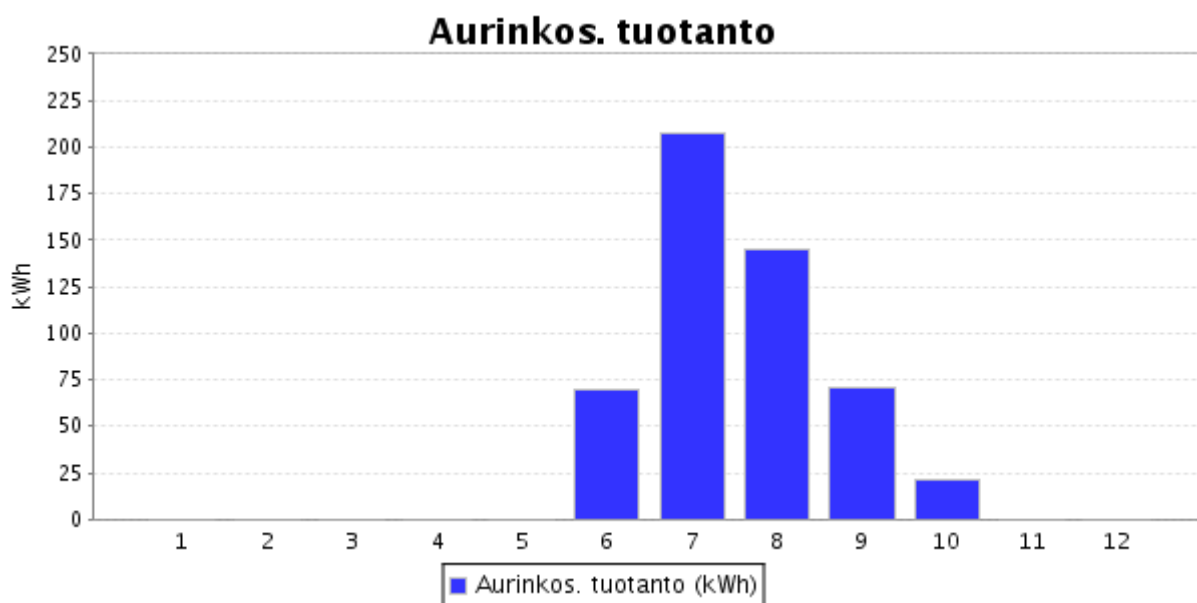
Kuva 3. Nollaenergiatalo Kivitasku Mäntyharjun Loma-asuntomessuilla 2011. [10]

Mäntyharjun Loma-asuntomessujen 2011 kohde Kivitasku on Suur-Savon Sähkön yhteistyökumppani. Rejlers Energiapalvelut on SSS Oy:n palveluntuottajana toteuttanut talon kokonaissähkönkäytön ja aurinkosähkötuotannon raportoinnin Rejlersin UtilityWeb –palveluun. Kohteessa mitattavia suureita ovat kokonaissähkönkäyttö, aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö omaan käyttöön sekä myyty aurinkosähkö. Lukemat päivittyvät kerran tunnissa noin 5 minuuttia yli kunkin tasatunnin. Rejlersin seurantapalvelussa esitetään erikseen näytöt ottoenergialle sähköverkosta, antoenergialle sähköverkkoon (kuva 4), aurinkosähkön omakäytölle, sähkön kokonaiskäytölle, aurinkosähkön tuotannolle (kuva 5), aurinkosähköjärjestelmän omakäytölle ja aurinkosähköjärjestelmän nettotuotannolle. [11]





Kuva 4. Nollaenergiatalo Kivitaskun verkkoon syöttämä sähköenergia vuonna 2011. [12]



Kuva 5. Nollaenergiatalo Kivitaskun aurinkosähkön tuotanto vuonna 2011. [12]

## 4 ST-kortti

Tässä luvussa SEMS-energianhallintajärjestelmän kuvaus kirjoitetaan ST-kortin (Sähkötieto) muotoon. ST on tietokortisto, jota on julkaista jo 35 vuotta. Kortistoa on saatavilla sekä paperiversiona että sähköisessä muodossa. Tällä hetkellä kortteja on yli 500, jotka on painettu 20 kirjaksi ja 20 suppeammaksi ohjeistoksi. [13]

ST-kortistoa käyttävät erityisesti sähkösuunnittelijat ja –urakoitsijat, sillä asennustyöt täytyy aina tehdä hyvän asennustavan mukaisesti. Esimerkiksi SEMS:in tapauksessa ST-kortti auttaa sähköurakoitsijaa, jolle mittarointi ja tietoliikennetekniikka voivat olla ennestään vieraita.

ST-kortti kuvaa tyypillisesti hyviä hankinta-, suunnittelu-, toteutus-, asennus-, ylläpito- ja käyttöönottopoja [14]. Korttiin voi sisällyttää myös joitakin tuotemerkkejä, joiden nimet mainitaan, mutta kortti ei saa olla yrityksen tuote-esittely. Kortin tavoiteltava laajuus on noin 20 sivua.

### 4.1 Johdanto

Tämä kortti määrittelee etäluettavan SEMS-energianhallintajärjestelmän. Kortissa annetaan ohjeita erityisesti sähköurakoitsijoille ja -suunnittelijoille, joiden ydinsaaamiseen energiamittarointi ja tietoliikennetekniikka eivät kuulu. Korttia sovelletaan rakennukseen toteutettavan energianhallintajärjestelmän suunnitteluun ja asennukseen.

Rakennuksen energiatehokkuuden kehittämisen kannalta on välttämätöntä asentaa kiinteistön päämittausta tarkempi energiamittarointijärjestelmä. Rakennuksen sähkön, lämmön ja veden päämittaukset kertovat kokonaisenergiankulutuksen, mutta päämittausten avulla ei saada mitään tietoa rakennuksen sisäisistä kulutuspisteistä, joiden perusteella mahdollisia energiankulutuksen tehostamistapoja olisi mahdollista löytää.

Riittävän tarkkojen kulutuspisteiden mittaaminen on tärkeää, jotta potentiaaliset säästökohteet voidaan tunnistaa ja saadaan tarkempi kuva energiansäästöpotentiaalinsa suuruudesta. Kun potentiaalisimmat säästökohteet tiedetään, voidaan niihin suunnitella ja kohdistaa helpommin säästötoimenpiteitä. Toisaalta säästöpotentiaalinsa suuruus vaikuttaa ratkaisevasti siihen, millaisia toimenpiteitä ja investointeja on taloudellisesti järkevää toteuttaa. Säästötoimenpiteiden tulisi maksaa itsensä takaisin riittävän lyhyessä ajassa, jotta rakennuksen omistajalle syntyy taloudellinen intressi investoida rakennuksen energiatehokkuuteen.

Säästötoimenpiteiden toteutuksen jälkeen energiamittarointijärjestelmää tarvitaan tehtyjen toimenpiteiden vaikutusten todentamiseen. Ilman energiamittarointia ei voida mitenkään määrittää, miten ja missä mahdolliset säästöt ovat syntyneet.

Rakennuksen päämittauskaan ei välttämättä pysty osoittamaan syntyneitä säästöjä, koska kulutus on voinut nousta muualla rakennuksessa tai rakennuksen käyttöaste on voinut nousta. Säästöjen selvä osoittaminen on tärkeää myös kiinteistön omistajalle,

jotta omistaja tietää saaneensa investoinneilleen tuottoa. Toisaalta aikaansaatuja säästöjen todentaminen auttaa tulevien säästötoimenpiteiden suunnittelussa, koska säästöjen etsiminen ei ole enää pelkkää hakuammuntaa.

Energiamittarointijärjestelmä on tärkeä myös siinä mielessä, että saavutetut säästöt voidaan säilyttää myös pitkällä tähtäimellä. On todettu, että rakennuksen energiankulutuksella on tapana ryömiä takaisin aikaisempaan, jos kiinteistöä ei mittaroinnin avulla valvota ja ohjata aktiivisesti. Tämä johtuu siitä, että rakennuksen käyttäjät eivät välttämättä hahmota rakennusta kokonaisuutena, jolloin pienilläkin väärillä säädöillä voidaan menettää aikaisempien säästötoimenpiteiden hyöty pitkällä aikavälillä.

## 4.2 Lait, asetukset, määräykset, standardit ja ohjeet

### 4.2.1 Lait ja asetukset energiamittaroinnille

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3 otetaan kantaa rakennuksen energiamittarointiin. Rakentamismääräyskokoelmassa edellytetään, että uudisrakennukset varustetaan energiankäytön mittauksella tai mittausvalmiudella, jotta eri energiamuotojen käyttö voidaan helposti selvittää E-luvun laskemista varten. Rakennuksen mittaroinnista voidaan luopua, jos *mittaroinnin rakentaminen voidaan osoittaa epätarkoituksenmukaiseksi* ja eri energiamuotojen käyttö saadaan muuten selville. [4, s.16]

Kaikkien rakennusten energiamittarointijärjestelmän tulee sisältää ainakin *sähkönmittaus, joka mittaa rakennuksen koko sähköenergiankulutusta sekä lämmitysjärjestelmän ostoenergian kulutuksen mittaus. Muut kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennukset täytyy varustaa lämpimän käyttöveden kulutuksen mittauksella ja tarvittaessa lämpimän käyttöveden kiertopiirin paluun vesivirran ja lämpötilan mittauksella. Lisäksi muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten ilmanvaihtojärjestelmä on varustettava sähkönkulutuksen mittauksella lukuun ottamatta vähäisiä erillispoistoja. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että järjestelmän ominaissähköteho on helposti mitattavissa.* [4, s.16]

*Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 rakennusten jäähdytysjärjestelmä tulee varustaa sähkönkulutuksen mittauksella. Jäähdytysjärjestelmä tulee suunnitella ja rakentaa siten, että järjestelmän ottama sähköteho ja tuottama jäähdytysenergia ovat helposti mitattavissa. Edellisten vaatimusten lisäksi muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennusten kiinteä valaistusjärjestelmä täytyy varustaa sähkönkulutuksen mittauksella.* [4, s.16-17]

#### 4.2.2 Asennusohjeet energianhallintajärjestelmälle

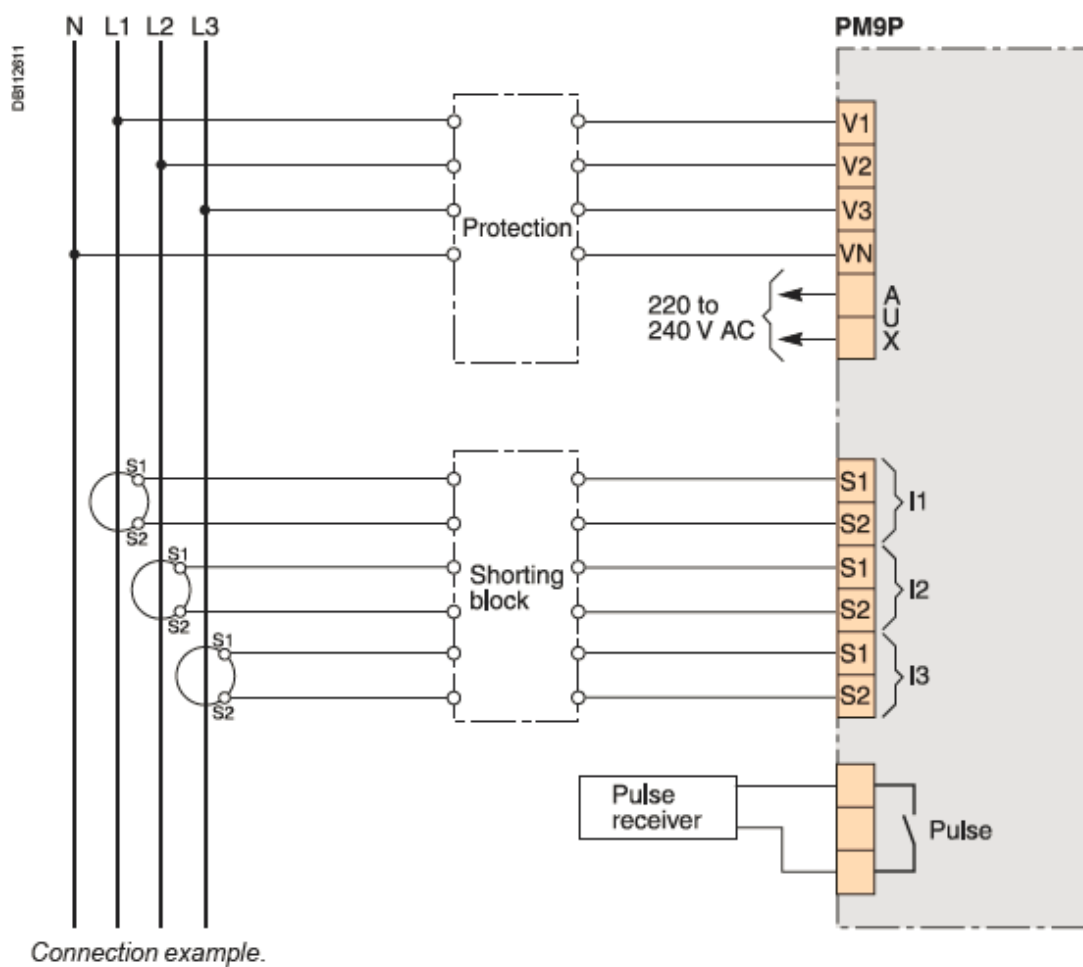
Asennusohjeissa käsitellään SEMS-energianhallintajärjestelmän oikeaa asennustapaa, kuten kenttälaitteiden asennusta ja kytkentöjä. SEMS:in kenttälaitteita ovat esimerkiksi virtamuuntajat, mittarit, väylämuuntimet ja teholähteet. Lisäksi ohjeistetaan kenttälaitteiden kytkeminen Modbus-väylään sekä ylemmän tason tiedonsiirtoyhteyden rakentaminen kiinteistöstä REM-pilvipalveluun.

SEMS-järjestelmässä yleisimmin käytetyt mittarit ovat tuotenimeltään PM9P (kuva 6) ja PM9C. Mittarit eroavat toisistaan erilaisten ulostuloporttien perusteella, sillä PM9P:ssä on pulssilähtö ja PM9C:ssä Modbus RS485-portti. Mittarien oikeaoppiset esimerkkikytkennät on esitetty kuvissa 7 ja 8.



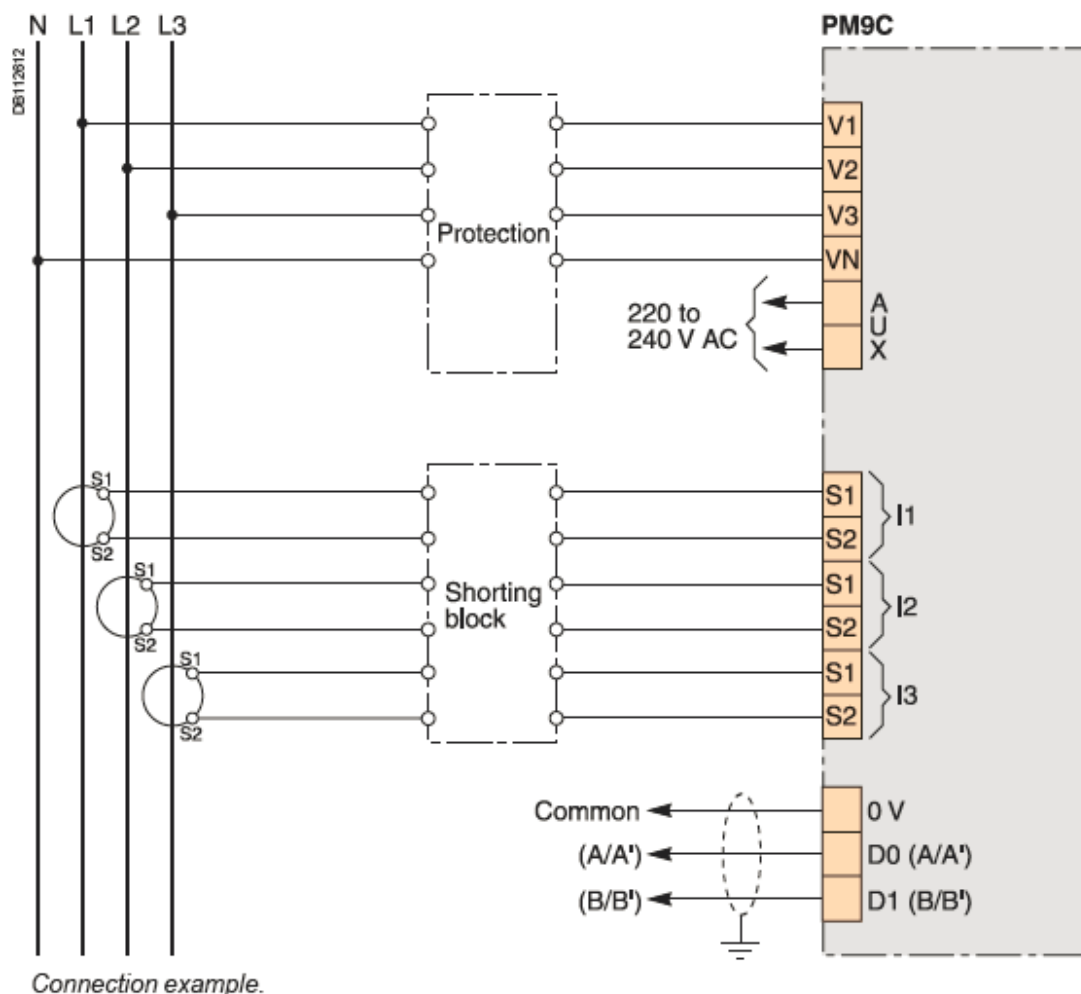
Kuva 6. PM9P-mittari. [15]

### PM9P/4-wire connection with 3 CTs



Kuva 7. PM9P-mittarin esimerkkikytkentä. [15]

### PM9C/4-wire connection with 3 CTs



Kuva 8. PM9C-mittarin esimerkkikytkentä. [15]

Mittarien kytkennässä kannattaa kiinnittää huomiota erityisesti siihen, että virtamuuntajat on kytketty oikein päin. Myös virtamuuntajien maadoitukseen kannattaa kiinnittää huomiota, sillä eri valmistajille maadoitus voidaan tehdä eri tavoilla. Esimerkiksi Schneider Electricin virtamuuntajissa S2 kytketään tyypillisesti maihin. Virtamuuntajien toision maksimikuormitus tulee myös ottaa huomioon siten, että mittarille menevät johdot eivät saa olla liian pitkät tai liian ohuet. Virtamuuntajien toisiota ei saa koskaan avata, kun ensiössä kulkee virta!

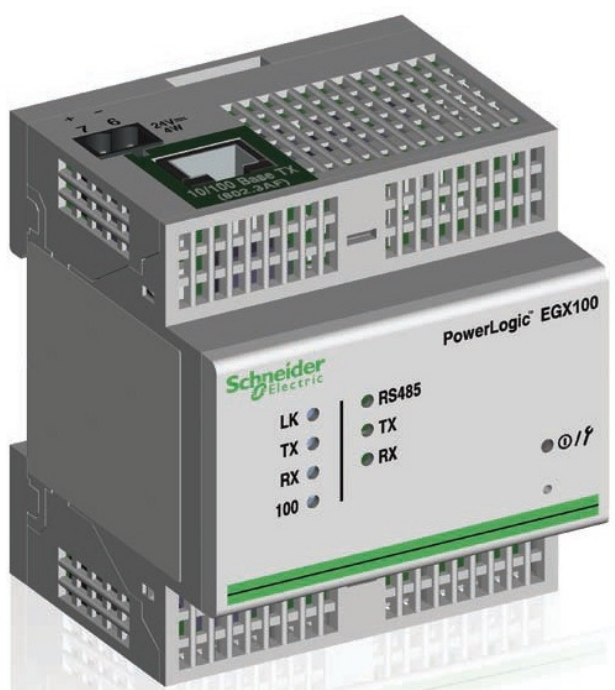
Kenttälaitteiden sähköistyksestä kannattaa huomata, että PM9P ja PM9C voidaan kytkä suoraan 220-240 V<sub>AC</sub>:n verkkojännitteeseen, joka saadaan sähköpääkeskuksessa suoraan keskuksen omakäyttölähdöstä. Muut kenttälaitteet, kuten väylämuuntimet EGX100 ja EGX300 tarvitsevat 24 V<sub>DC</sub>:n jännitesyötön, joka saadaan esimerkiksi ABL8-teholähteestä. Mikäli kenttälaitteiden luotettava toiminta halutaan varmistaa, kannattaa kriittisten laitteiden, kuten väylämuuntimien jännitesyöttö aina varmentaa.

Kenttälaitteiden ja riviliittimien merkinnät tulee toteuttaa siten, että ne ovat helposti ja selkeästi erotettavissa toisistaan. Riviliittimien merkinnät tulee tehdä tarkasti siten, että

ne vastaavat toisiaan, esimerkiksi S1-X1, S2-X2 jne. Kenttälaitteet tulee puolestaan nimetä siten, että kaikilla laitteilla on oma kojetunnukset. Kirjaintunnusta M käytetään apulaitteille, kuten väylämuuntimille ja teholähteille (M1, M2, M3 jne.) ja kirjaintunnusta Q toimilaitteille, kuten PM9-mittarit (Q1, Q2, Q3 jne.). Mittarit täytyy myös nimetä sanallisesti, esimerkiksi Q1 Hotelli, Q2 Ravintola jne.

Energianhallintajärjestelmässä mittarit ovat hajallaan ympäri kiinteistöä, joten järjestelmään vaaditaan aina väylämuunnin, joka kerää kaiken sarjaliikenteisen mittaustiedon yhteen ja lähettää sen eteenpäin Ethernet-väylää pitkin. SEMS:issä käytettävät väylämuuntimet ovat tuotenimeltään EGX100 ja EGX300. Väylämuuntimille kannattaa aina antaa kiinteä IP-osoite, koska mittarointilaitteet ovat yleensä pysyviä eivätkä vaihdu ajan kuluessa, kuten muut verkon laitteet.

EGX100-väylämuunninta (kuva 9) käytetään tyypillisesti sarjamuotoisen liikenteen muuntamiseksi TCP/IP-muotoon. Väylämuuntimessa on yksi Ethernet-portti ja yksi RS-485 –portti väyläliitäntöjä varten. Lisäksi siinä on web-käyttöliittymä, jolla voi helposti tehdä laitteen konfiguroinnin ja syöttää tarvittavat asetukset. Väylämuuntimeen voi liittää enimmillään 32 laitetta.



Kuva 9. EGX100-väylämuunnin. [15]

EGX300-väylämuuntimessa (kuva 10) on kaikki samat ominaisuudet kuin EGX100:ssakin. EGX300:n lisäominaisuuksia ovat tiedon loggaus ja aikaleiman antaminen tallennetulle tiedolle. Tiedon tallennusta varten EGX300:ssa on muistia 512 Mb. EGX300:ssa web-käyttöliittymän kautta voi myös seurata dataliikennettä näyttösovelluksen avulla.



Kuva 10. EGX300-väylämuunnin. [15]

EGX-väylämuuntimille tehdään käyttöönoton yhteydessä alustus, jonka voi helpoiten tehdä kannettavan tietokoneen avulla vaiheittain:

1. Tietokone kytketään irti internetistä.
2. EGX kytketään Ethernet-kaapelilla tietokoneeseen.
3. Avataan internet-selain.
4. Selaimen osoite-kenttään syötetään 169.254.0.10, jolloin luodaan yhteys EGX:n käyttöliittymään.
5. Käyttäjänimeksi laitetaan ”Administrator” ja salasana ”Gateway”.
6. Avataan valikosta ”Setup” ja ”Ethernet & TCP/IP”.
7. Syötetään EGX:lle kiinteä IP-osoite, esimerkiksi 169.254.0.10, aliverkon peite 255:255:255:0 ja oletusyhdyttävä, esimerkiksi 0:0:0:0.

Modbus-sarjaliikenneprotokollaa käytetään kenttälaitteiden keskinäiseen kommunikointiin. Sarjaliikenneväylä muodostuu siten, että siinä on yksi isäntälaitte (master), joka kontrolloi verkon liikennettä ja jakaa lähetysvuoroja orjalaitteille (slave).

Modbus RTU-protokolla on asetettu standardiksi Schneider Electricin laitteisiin. Tämä merkitsee sitä, että verkon määrittely- ja rakennusvaiheessa jokaiselle laitteelle täytyy määrittellä osoite väliltä 0-254. Nollaa ei kuitenkaan yleensä käytetä, vaan osoite valitaan väliltä 1-254.

Toinen periaate nimetä verkon laitteet on käyttää osoitteina vain tasakymmeniä, kuten 10, 20, 30 jne. Rakennuksessa, jossa on paljon Modbus-laitteita, voi olla käytössä oma nimeämislogiikkansa, jolla laitteet erotetaan helposti toisistaan. Eri väylien laitteet voivat



olla samannimisiä, sillä ne voidaan erottaa toisistaan väylämuuntimen IP-osoitteen avulla.

Verkkolaitteiden osoitteiden lisäksi sarjaliikenteelle täytyy määritellä nopeus ja käytettävä pariteetti. Siirtonopeudeksi (eng. Baud Rate) valitaan joko 9600 Bps, 12500 Bps tai 22100 Bps. Näistä 12500 Bps on käytetyin nopeus. Tiedonsiirtoväylällä käytettävän pariteettitarkastuksen määrittelyssä päätetään, käytetäänkö väylällä paritonta (eng. odd tai 8N1) vai parillista (eng. even tai 8N2) pariteettia. On myös mahdollista, että pariteettia ei ole lainkaan (eng. none tai 8N0).

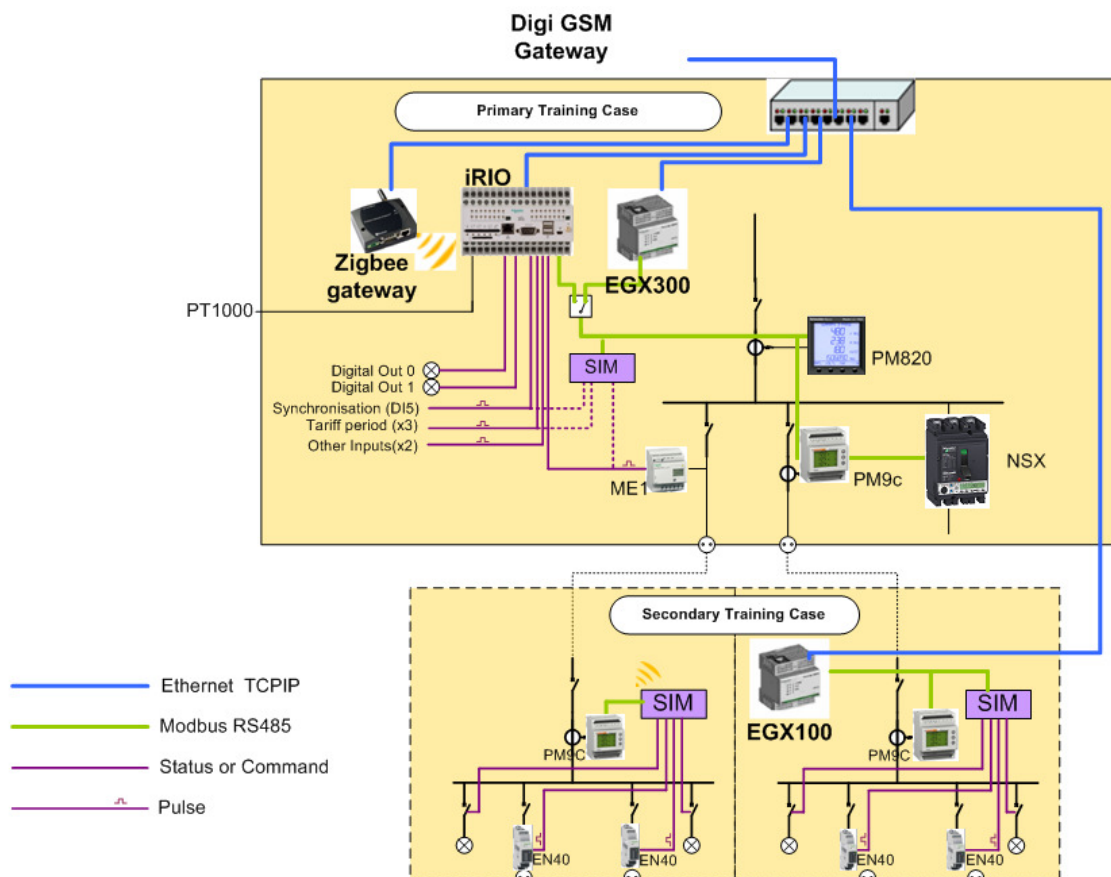
Tiedonsiirtoverkon fyysisestä rakenteesta tulee huomioida, käytetäänkö 2 (eng. 2-wire) vai 4 (eng. 4-wire) johtimen johdotusta laitteiden kytkemisessä toisiinsa. 2-wire tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että kuhunkin verkon laitteeseen voi liittää kaksi johdinta, jotka nimetään tyypillisesti tunnuksilla A ja B. 4-wire kytkennässä laitteisiin voi liittää A:n, A':n, B:n ja B':n. Jos verkossa käytetään yhtäkin 2-wire-laitetta, täytyy kaikilla laitteilla käyttää 2-wire-johdotusta. Tämä ei ole ongelma 4-wire-laitteille, sillä ne toimivat moitteettomasti myös 2-wire-asetuksella.

Sarjaliikenteen verkkolaitteita kytkettäessä on tärkeää muistaa verkon sisäinen hierarkia, joka perustuu laitteiden master-slave -jaotteluun. Tämä tarkoittaa sitä, että väylän master-laite aloittaa aina kommunikoinnin ja tiedon kyselyn väylällä sekä kontrolloi väylän kommunikointivuoroja.

2-wire-laitteissa on kaksi sisääntuloporttia, lähetys T ja vastaanotto R (eng. T=transfer, R=receive). Master-slave -kytkennässä master-laitteen T-tulo kytketään slave-laitteen R-tuloon. Slave-slave -kytkennässä puolestaan T kytketään T:hen ja R kytketään R:ään. 4-wire-laitteissa on neljä tuloporttia: Tx+, Tx-, Rx+ ja Rx-. Master-slave -kytkentä 4-wire-laitteissa tehdään siten, että masterin Tx+ kytketään slaven Rx+:aan, masterin Tx- kytketään slaven Rx:-een, masterin Rx+ kytketään slaven Tx+:aan ja masterin Rx- kytketään slaven Tx:-een. Slave-slave-kytkentä menee 4-wire-laitteilla yksi yhteen porttien kanssa, esimerkiksi Tx+ Tx+:aan jne.

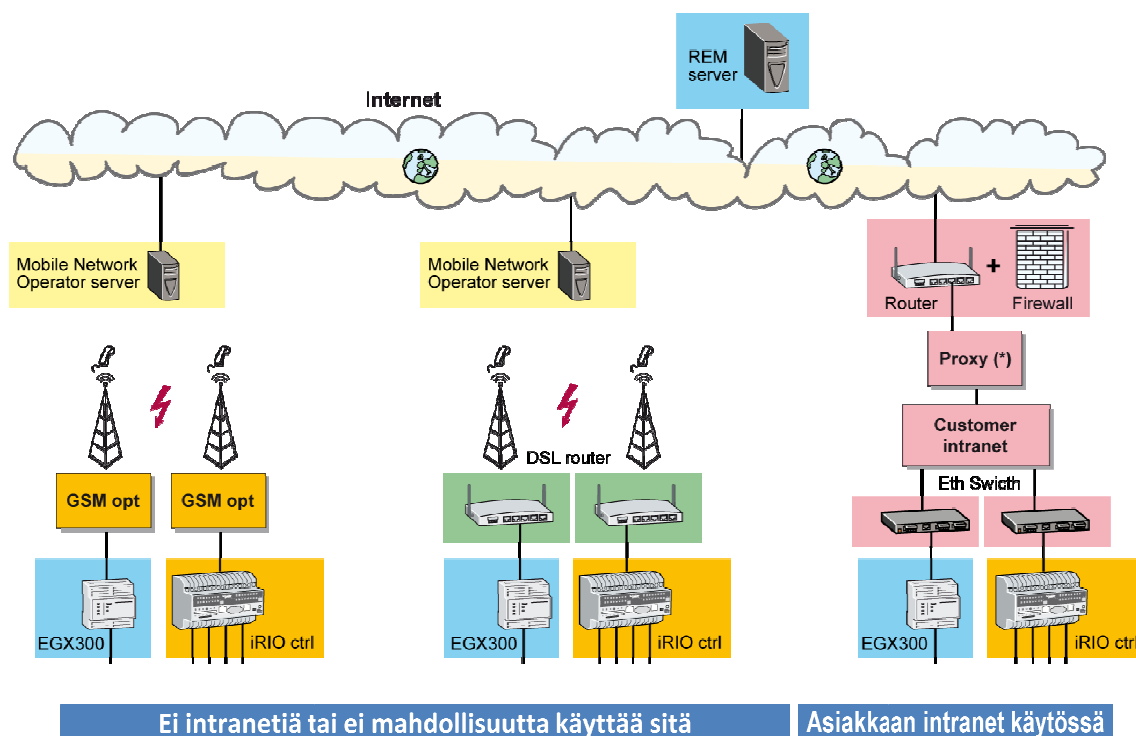
Modbus-johdotuksessa tulee kiinnittää huomiota myös kaapeloinnin pituuteen ja kenttälaitteiden lukumäärään. Kaapelointi on lyhyillä matkoilla halpa tapa Modbus-väylän rakentamiseen, mutta yleissääntönä kaapeloinnin ylittäessä 200 m, langattomat ZigBee-laitteet tulevat yleensä halvemmaksi. Yhden master-laitteen haaraan ei kannata myöskään kytkeä yli 20 slave-laitetta.

SEMS-järjestelmän kokonaisuuden hahmottamiseksi kuvassa 11 on esimerkkikytkentä järjestelmässä käytetyistä tietoliikenneväylistä ja väylien laitteista.



Kuva 11. Esimerkki SEMS-järjestelmän väyläarkkitehtuurista.

Pilvipalveluun liittymiselle on kolme eri vaihtoehtoa kuvan 12 mukaisesti riippuen siitä, onko asiakkaan internet/intranet käytettävissä mittaroinnin tarvitsemaan tiedonsiirtoon. Vasemmanpuolimmaisessa ja keskimmäisessä kytkentäkuvassa asiakkaalla ei ole omaa intranettiä tai sitä ei ole mahdollista käyttää mittarointijärjestelmän toteutukseen. Oikeanpuolimmaisessa kytkennässä asiakkaan intranettiä voidaan käyttää mittaustiedon siirtämiseen.



Kuva 12. Eri vaihtoehdot mittauskohteen liittämiseksi REM-pilvipalveluun.

Vasemmanpuolimmaisessa kuvassa asiakkaan kohde on liitetty REM-etäpalveluun mobiilioperaattorin 3G- tai GSM-verkon kautta. Keskimmäisessä kuvassa asiakkaan kohde on liitetty REM-etäpalveluun laajakaistaverkon DSL-palvelinten kautta. Oikeanpuolimmaisessa kuvassa asiakkaan kohde on liitetty REM-etäpalveluun internetin kautta käyttäen asiakkaan omaa intranetiä.

### 4.3 Käsitteet, määritelmät ja lyhenteet

Bps	Bauds Per Second
c	ominaislämpökapasiteetti
FTP	File Transfer Protocol
m	massa
Mb	megabitti
Q	lämpömäärä, lämpöenergia
REM	Remote Energy Management
SEMS	Simple Energy Management Solution
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol

T                      lämpötila

#### 4.4 Sähköenergian laskutusmittaus

Sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta on annettu Valtioneuvoston asetus Helsingissä 5.2.2009 [16]. Asetuksen luvussa 6 käsitellään sähköntoimitusten mittausta sähköverkossa seuraavasti:

##### 2 §

*Sähkönkäyttöpaikan varustaminen mittauslaitteistolla sähköverkossa*

*Sähköverkkoon liitetty sähkönkäyttöpaikka tulee varustaa sähkökulutuksen mittaavalla mittauslaitteistolla. Jos sähköliittymään kuuluu useita sähkönkäyttöpaikkoja, joihin sähkö myydään sähköverkon kautta, tulee kukin sähkönkäyttöpaikka erikseen varustaa mittauslaitteistolla.*

*Mittauslaitteisto ei ole pakollinen sähköverkkoon liitetyssä verkonhaltijan sähkölaitteistossa eikä sähkönkäyttöpaikassa, jonka pääsulake on pienempi kuin 3 x 25 ampeeria, jos sähkönkäyttöpaikan sähkökulutus voidaan arvioida riittävän tarkasti.*

##### 3 §

*Sähköntuotantolaitoksen varustaminen mittauslaitteistolla sähköverkossa*

*Sähköntuotantolaitos, joka syöttää sähköä sähköverkkoon siinä siirrettäväksi, tulee varustaa mittauslaitteistolla. Sähköverkkoon sähköä syöttävä sähköntuotantolaitos voidaan kuitenkin jättää varustamatta erillisellä mittauslaitteistolla, jos laitos sijaitsee enintään 3 x 63 ampeerin pääsulakkeilla varustetulla sähkönkäyttöpaikalla ja käyttöpaikka on varustettu mittauslaitteistolla, joka kykenee mittaamaan sekä sähköverkosta otetun että sähköverkkoon syötetyn sähkön määrän.*

##### 4 §

*Mittauslaitteistolle ja -järjestelmälle asetettavat yleiset vaatimukset sähköverkossa*

*Sähkökulutuksen ja pienimuotoisen sähköntuotannon mittauksen tulee perustua tuntimittaukseen ja mittauslaitteiston etäluentaan (tuntimittausvelvoite).*

*Jakeluverkonhaltija voi poiketa tuntimittausvelvoitteesta enintään 20 prosentissa jakeluverkon sähkönkäyttöpaikoista, jos poikkeuksen piiriin kuuluva sähkönkäyttöpaikka:*

*1) on varustettu enintään 3 x 25 ampeerin pääsulakkeilla;*

*2) on varustettu yli 3 x 25 ampeerin pääsulakkeilla, sähkökulutus sähkönkäyttöpaikassa on enintään 5 000 kilowattituntia vuodessa ja sähkö ostetaan sähkönkäyttöpaikkaan sähkömarkkinalain 21 §:ssä tarkoitetuilla ehdoilla.*

*Jakeluverkonhaltijan tulee laatia suunnitelma tämän pykälän mukaiset vaatimukset täyttävän mittauksen järjestämiseksi jakeluverkossaan. Suunnitelma tulee toimittaa sähkömarkkinaviranomaiselle.*

## *5 §*

*Tuntimittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän toiminnalliset vaatimukset sähköverkossa*

*Sähkönkäyttöpaikkaan asennettavan tuntimittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tulee sisältää vähintään seuraavat ominaisuudet:*

- 1) mittauslaitteiston rekisteröimä tieto tulee voida lukea laitteiston muistista viestintäverkon kautta (etäluentaominaisuus);*
- 2) mittauslaitteiston tulee rekisteröidä yli kolmen minuutin pituisen jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohta;*
- 3) mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjauskomentoja;*
- 4) mittaustieto sekä jännitteetöntä aikaa koskeva tieto tulee tallentaa verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevään tietojärjestelmään, jossa tuntikohtainen mittaustieto tulee säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta;*
- 5) mittauslaitteiston ja verkonhaltijan mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tietosuojan tulee olla asianmukaisesti varmistettu.*

*Verkonhaltijan tulee asiakkaansa erillisestä tilauksesta tarjota tämän käyttöön tuntimittauslaitteisto, jossa on standardoitu liitännä reaaliaikaista sähkönkulutuksen seurantaa varten.*

## *6 §*

*Mittauslaitteiston lukeminen sähköverkossa*

*Sähkönkäyttöpaikan tuntimittauslaitteisto on luettava vähintään kerran vuorokaudessa.*

*Muu sähkönkäyttöpaikan mittauslaitteisto kuin tuntimittauslaitteisto tulee lukea vähintään kolme kertaa vuodessa. Vähintään yksi luentakerta vuodessa kuuluu jakeluverkonhaltijan vastuulle. Jakeluverkonhaltijalla on oikeus arvioida sähkönkäyttöpaikan sähkönkulutus aikaisempaan sähkönkulutukseen perustuen, jos mittauslaitteisto on sijoitettu paikkaan, johon verkonhaltijalla ei ole pääsyä, eikä asiakas ole toimittanut verkonhaltijan asettamassa kohtuullisessa määräajassa lukemaa verkonhaltijan sitä häneltä tiedusteltua. Jakeluverkonhaltijan on julkaistava selvitys menetelmästä, jota se soveltaa sähkönkäyttöpaikan sähkönkulutuksen arvioinnissa.*

*Verkonhaltija voi sopia sähkönkäyttäjän ja -toimittajan kanssa mittauslaitteistojen luennasta tässä asetuksessa säädettyä täydentävästi.*

## 4.5 Kiinteistön sähköenergian mittaaminen

Energiayhtiöt eivät yleensä halua toteuttaa kiinteistöjen energiamittarointiin muita toimintoja kuin päämittauksen. Esimerkiksi kuormien hintaohjaus tai energian alalaskutus eivät kiinnosta sähköyhtiötä, vaan he odottavat, että muut toimijat tuottavat tarvittavat mittaroinnit ja ratkaisut kiinteistön sisäiseen sähköverkkoon.

Kiinteistön omista mittausjärjestelmistä säädetään Valtioneuvoston asetuksessa [16], jonka luvussa 6 käsitellään sähkötoimitusten mittausta kiinteistön sisäisessä verkossa seuraavasti:

### 9 §

*Huoneiston varustaminen mittauslaitteistolla, kun sähkö myydään kiinteistön sisäisen sähköverkon kautta*

*Uudisrakennukseen tulevat erilliset asuin- ja liikehuoneistot tulee varustaa sähkön kulutuksen mittaavilla mittauslaitteistoilla, jos sähkö myydään sähkönkäyttäjille kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäisen sähköverkon kautta. Sähkönkulutuksen mittaus tulee tällöin järjestää siten, että, jos sähkönkäyttäjä haluaa vaihtaa sähkönmyyjää, huoneistokohtaisen mittauslaitteiston mittaama sähkönkulutus voidaan helposti ja teknisesti luotettavalla tavalla etäluentaominaisuutta tai mittauslaitteiston lähettämiä mittauspulsseja hyväksi käyttäen sekä yhdistää kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän mitattuun kokonaiskulutukseen että erottaa siitä. Mittaus tulee järjestää myös siten, että siitä aiheutuvat kustannukset ovat sähkönkäyttäjille ja -myyjille mahdollisimman pienet.*

*Edellä 1 momentissa säädettyä sovelletaan myös kiinteistöön tai sitä vastaavaan kiinteistöryhmään, jonka sisäistä sähköverkkoa muutetaan siten, että sähkö myydään muutoksen jälkeen sähkönkäyttäjille kiinteistön sisäisen sähköverkon kautta.*

*Edellä 1 ja 2 momentissa säädetystä voidaan poiketa:*

*1) kiinteistöissä, joissa sijaitsevia huoneistoja käytetään pääasiassa asuntolatyyppiseen asumiseen;*

*2) kiinteistöissä, joissa sijaitsevia huoneistoja käytetään pääasiassa vapaa-ajan asumiseen, ellei kyseessä ole ympärivuotisessa käytössä oleva vapaa-ajan asunto tai vapaa-ajan asunto, joka sijaitsee asunto- tai kiinteistöosakeyhtiön hallitsemassa, useita erillisiä vapaa-ajan asuntoja käsittävässä kiinteistössä tai sitä vastaavassa kiinteistöryhmässä;*

*3) kiinteistöissä, joiden pääasiallisena käyttäjänä on sairaala, vanhain- tai hoitokoti, oppilaitos, vankila, varuskunta taikka muu niihin verrattavassa käytössä oleva laitos;*

*4) maatiloilla;*

*5) majoitusliikkeissä ja aikaosuuskohteissa;*

*6) huoneistoissa ja muissa tiloissa, joiden pääsulakkeiden koko on alle 3 x 25 ampeeria, jos huoneiston tai tilan sähkönkulutus voidaan arvioida riittävän tarkasti.*

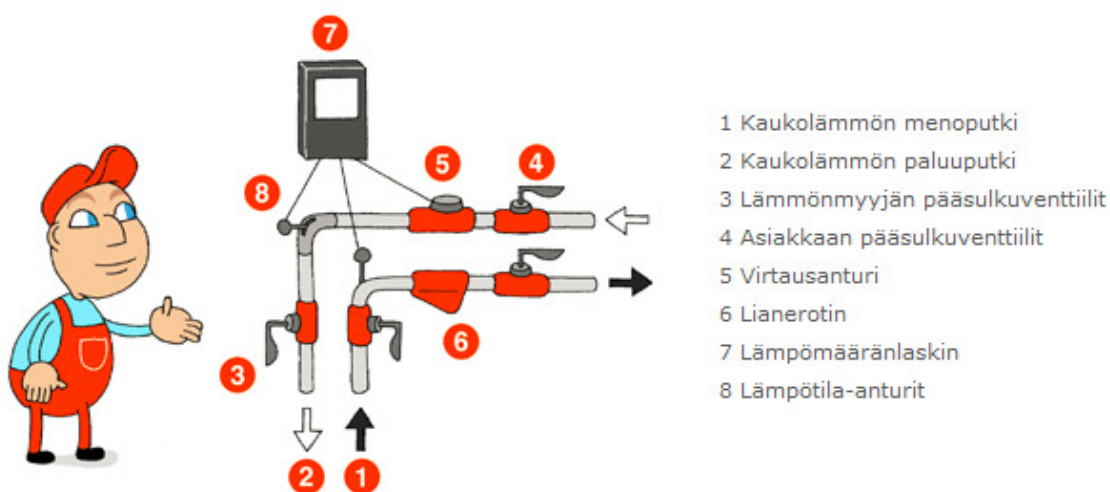
## 10 §

*Kiinteistön sisäiseen sähköverkkoon kuuluvan mittauslaitteiston lukeminen*

*Kiinteistön tai sitä vastaavan kiinteistöryhmän sisäiseen sähköverkkoon kuuluvan mittauslaitteiston lukemiseen sovelletaan soveltuvin osin, mitä 6 ja 7 §:ssä säädetään jakeluverkkoon liitetyn sähkönkäyttöpaikan mittauslaitteiston lukemisesta ja mitä 8 §:ssä säädetään asiakkaan oikeudesta omaa sähkönkulutustaan koskevan tiedon hyödyntämiseen. Sähkönkäyttäjällä on oikeus saada käyttöönsä tiedot hallinnassaan olevan huoneiston mitatusta sähkönkulutuksesta myös siinä tapauksessa, että sähkönoston laskutus ei hänen osaltaan perustu mitattuun sähkönkulutukseen.*

**4.6 Kiinteistön lämmön- ja vedenkulutuksen mittaaminen**

Kiinteistön kaukolämmön energiamittauksessa käytetään kuvan 13 mukaista epäsuoraa mittaustapaa. Lämpöenergiaa ei voida mitata suoraan yksittäisellä mittarilla, vaan mittaus toteutetaan kalorimetrisellä mittauksella, jossa mitataan lämmitysvesivirtaa ja sisään menevän sekä ulos tulevan veden lämpötilojen erotusta. Niiden perusteella lämpöenergian kulutus voidaan laskea erillisellä laskimella.



Kuva 13. Kaukolämmön mittaus. [17]

Lämpöenergiamittarin pääosat ovat virtausanturi, lämmitysveden meno- ja paluupuolen lämpötila-anturit sekä lämpömääränlaskin. Virtausanturi mittaa lämmityspiirissä kiertävän kaukolämpöveden määrän [m<sup>3</sup>]. Lämpötila-anturit mittaavat jatkuvasti kiinteistöön menevän ja sieltä palaavan lämmitysveden lämpötiloja. Lämpömääränlaskin laskee kiinteistössä kuluvan lämpöenergian [MWh] mitatun vesimäärän ja lämpötilaeron perusteella kaavan 2 mukaisesti.

$$Q = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1), \quad (2)$$

jossa  $m$  on lämmitysvesivirran massa,  $c$  veden ominaislämpökapasiteetti,  $T_1$  paluuveden lämpötila ja  $T_2$  menoveden lämpötila.

Vedenkulutus mitataan suoraan veden tuloputkesta virtausmittarin perusteella. Virtausmittareita on kahta tyyppiä: perinteinen pyörivä ratasmalli ja uudentyyppinen ultraäänimittari. Perinteisessä mittarissa vesiputken sisällä pyörii ratas, jonka liike muutetaan vaihteistolla mittarilukemiksi.

Ultraäänimittarin sisällä olevassa putkessa on kaksi peilaavaa pintaa, joiden kautta ultraääni lähetetään vesiputken molempiin suuntiin. Kun vesi virtaa putkessa, eri suuntiin liikkuvien ultraääniaaltojen välille syntyy aikaero, koska vastavirtaan kulkeva ultraääni etenee hitaammin kuin myötävirtaan kulkeva. Aikaeron perusteella voidaan laskea veden virtaus putkessa. [18]

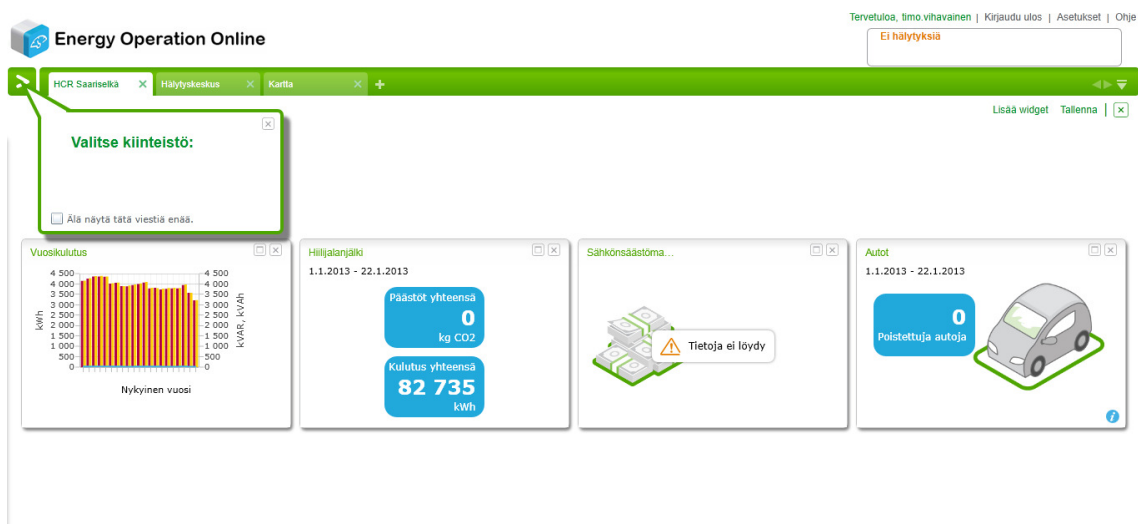
Lämmön- ja vedenkulutuksen etäseuranta ja mittareiden etäluenta onnistuu useimmissa nykyaikaisissa mittareissa joko pulssi- tai M-Bus -yhteyden avulla, jolloin mittarit voidaan suoraan liittää osaksi etäluettavaa energianhallintajärjestelmää. Monissa vanhoissakin mittareissa on mahdollisuus lukea mittaria vähintään pulssilähdön avulla. Jos mittarit ovat todella vanhoja, niissä ei välttämättä ole lainkaan liitäntäpaikkoja etäluentaa varten. Tällöin ainoa vaihtoehto on vaihtaa uusi mittari tilalle, jos etäluentaa halutaan toteuttaa.

#### **4.7 Kulutuksen seuranta, raportointi ja laskutus**

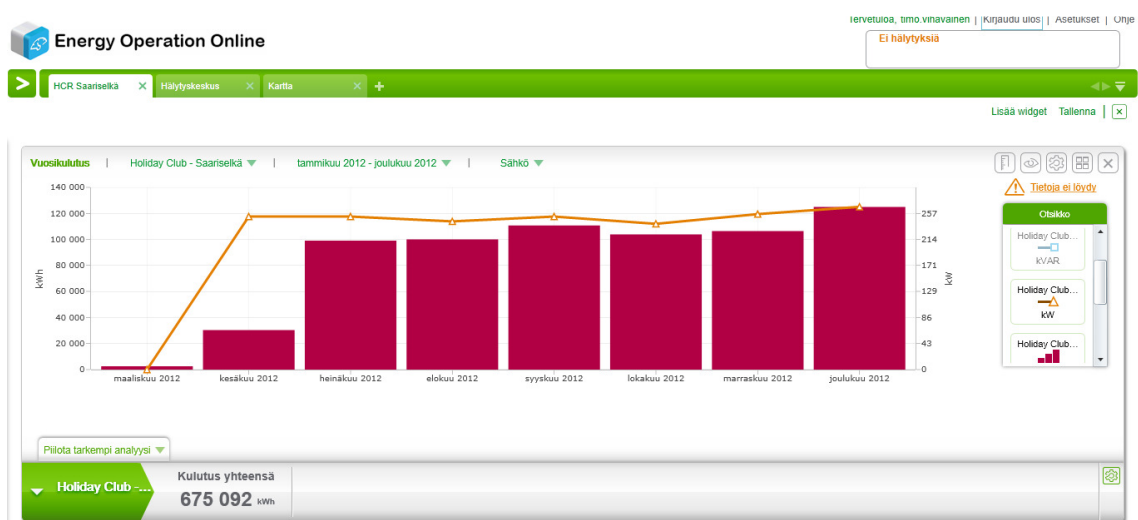
Asiakkaan tarpeita energianhallintajärjestelmälle ovat muun muassa vuokralaisten ja rakennuksen muiden käyttäjien alalaskutus, oman energiankäytön analysointi, benchmarkkaus muihin vastaaviin kohteisiin, oman kiinteistöomaisuuden hallinta, hälytykset, energialaskujen auditointi eli varjomittaus, erilaiset ympäristöluokitukset ja -sertifikaatit, kuten rakennuksen ympäristöystävällisyydestä kertova LEED-sertifikaatti, sekä energiakulujen pienentäminen.

SEMS-energianhallintajärjestelmässä energiankulutuksen seuranta- ja raportointitoiminnot toteutetaan REM-pilvipalvelun avulla. REM on Schneider Electricin palvelimella toimiva pilvipalvelu, johon asiakas saa tunnukset ja voi näin seurata mittauksia etänä. REM:in etusivu, käyttöliittymä ja asiakkaan näkymät on esitetty kuvissa 14 ja 15.





Kuva 14. REM-pilvipalvelun käyttöliittymä.



Kuva 15. Esimerkkikohteen kuukausittainen kulutusseuranta REM:issä.

## 5 SEMS

### 5.1 SEMSin suunnittelu

Tässä luvussa esitellään SEMS-energianhallintajärjestelmää ja sen suunnittelussa huomioon otettavia muuttujia. SEMS tulee sanoista Simple Energy Management Solution, jolla tarkoitetaan yksinkertaista energianhallintaratkaisua. SEMS on energiamittarointituote, joka on suunniteltu erityisesti pieniin, alle 10 000 m<sup>2</sup>:n rakennuksiin. Mittarointikohteita, joihin SEMS asennetaan, voi kuitenkin liittää saman järjestelmän piiriin yhden tai useampia. Suurempiin ja monimutkaisempiin rakennuskokonaisuuksiin Schneider Electricillä on toinen tuote, joka on nimeltään ION Enterprise.

Oleellisia kysymyksiä mittaroinnin suunnittelussa ovat: mitä, missä ja miten mitataan? SEMS-järjestelmän sisältämiä mittareita, väyliä ja välilaitteita ei ole koskaan ennalta määriteltä, vaan jokaiseen mittauskohteeseen suunnitellaan oma yksilöllinen järjestelmäkokonaisuus. Mittarointijärjestelmän suunnittelussa tulee ensisijaisesti ottaa huomioon mittauksen kohteena olevat suureet, jotka valitaan asiakkaan tarpeen mukaan siten, että halutut asiat saadaan selvitettyä tai laskettua mittauksen perusteella. Esimerkkejä mitattavista suureista ovat jännite, virta, lämpötila ja vesivirtaama.

Asiakkaan tarpeita mittaroinnille ovat muun muassa vuokralaisten tai rakennuksen muiden käyttäjien alalaskutus, oman energiankäytön analysointi, benchmarkkaus muihin vastaaviin kohteisiin, kiinteistöomaisuuden hallinta, hälytykset, energialaskujen auditointi eli varjomittaus, erilaiset ympäristöluokitukset ja –sertifikaatit, kuten rakennuksen ympäristöystävällisyydestä kertova LEED-sertifikaatti, sekä energiakulujen pienentäminen.

Toisaalta mittaroinnin suunnittelussa täytyy huomioida fyysinen mittausympäristö eli missä mitataan. Esimerkkejä erilaisista mittausympäristöistä ovat ulkoalueet, parkkialueet, ruokailutilat, yleiset tilat ja asumistilat. Rakennuksen sisällä fyysinen mittauspaikka riippuu siitä, mitataanko valaistuksen, lämmityksen, jäähdytyksen, ilmanvaihdon, lämpimän käyttöveden vai muun laitekannan kulutusta.

Tärkeitä kysymyksiä mittaroinnin suunnittelussa ovat myös, kuinka ja kuinka usein mitataan. Tällöin määritellään mahdollinen uusien mittarien asennustarve, vanhojen mittarien edellytykset liittämiseksi SEMS-järjestelmään sekä mittaroinnin reaaliaikaisuus tai mahdollinen sallittu viive tiedonsiirrossa. Lisäksi tarkastellaan kohteen edellytyksiä ja rajoitteita mittaroinnille, kuten jo olemassa olevia mittareita ja rakennuksen pohjapiirrosta. Olemassa olevia mittareita kannattaa hyödyntää maksimaalisesti, koska tulee yleensä halvemmaksi liittää vanha mittari etäluentaan kuin asentaa kokonaan uusi mittari. Pohjapiirroksista selvitetään etenkin nykyisten tiedonsiirtoväylien reitit sekä fyysiset esteet, kuten seinät, jotka vaimentavat signaaleja langattomassa järjestelmässä.

Mittarit kannattaa asentaa mahdollisimman helppoon paikkaan, kuten muiden olemassa olevien mittareiden lähelle. Tämä johtuu siitä, että vanhassa mittarointipaikassa, esimerkiksi sähköpääkeskuksessa, mittarit on helppo paikantaa ja lukea manuaalisesti, kun ne eivät ole hajallaan ympäri rakennusta. Toisaalta myös fyysistä tilaa ja seinäpinta-

alaa on riittävästi tällaisessa paikassa asennettavia mittareita tai mittarikaappia varten. Vanhoista mittareista yleensä ainakin osa on etäluennassa, joten tilassa on jo olemassa valmis tiedonsiirtoväylä, johon myös uudet mittarit voidaan liittää. Joskus uudet mittarit joudutaan olosuhteiden pakosta asentamaan haastavaan paikkaan, esimerkiksi pitkän haaran päässä olevan alalaskutuksen tapauksessa tai monimutkaisen väyläarkkitehtuurin vuoksi.

Mittaustapojen ja mittaustiheyden suunnitteluun tulee myös kiinnittää huomiota. Yleisin tapa mitata etenkin sähkösuureita on suora, reaaliaikainen mittaus, koska sähkösuureet ovat hyvin dynaamisia, ja muutosilmiöt voivat olla nopeita. Jos tiedetään, että mitattava suure on melko staattinen, voidaan käyttää myös tuntitasoista seurantamittausta.

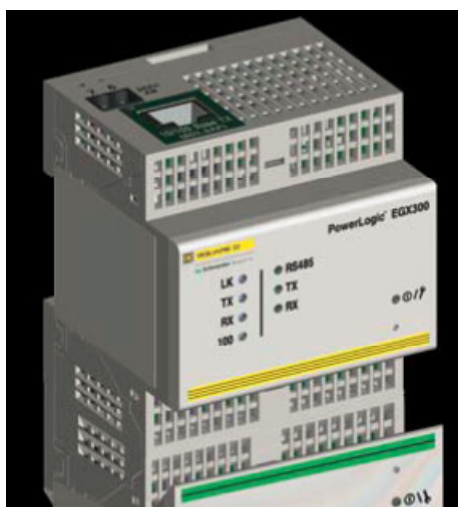
Kaikkiin mittauspisteisiin ei välttämättä tarvitse asentaa omaa mittaria, sillä usein voidaan käyttää erotusmittausta, jolla saadaan laskettua mittaroimattomia haarapisteitä. Kun tiedetään päämittauksen perusteella kokonaiskulutus, yksittäinen mittauspiste voidaan laskea päämittauksen ja mitattujen haarojen erotuksena.

Suoran mittauksen vastakohta on epäsuora mittaus, jota käytetään esimerkiksi kaukolämmön mittauksessa. Lämpöenergiaa ei voida suoraan mitata, vaan mittaus toteutetaan kalorimetrisellä mittarilla, joka mittaa lämmitysveden virtaa ja lämpö määrää ja laskee niiden perusteella lämpöenergian kulutuksen.

Jos mittaus on liian hankala tai kallis toteuttaa, joudutaan tyytymään kulutusarvioon. Esimerkiksi monissa rakennuksissa lämmintä käyttövetä ei mitata erikseen, mutta sen osuudeksi voidaan arvioida asuinrakennuksissa 40 % ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta [19]. Toisaalta on mahdollista arvioida energiankulutusta rakennustyyppin ominaiskulutuksen, kWh/m<sup>2</sup>, mukaan, kun tiedetään rakennuksen pinta-ala. Ravintolakeittiön sähkönkulutusta voi puolestaan arvioida valmistettujen aterioiden lukumäärän perusteella, sillä yhden aterian kulutukseksi on tutkimuksissa saatu 1-2 kWh/ateria riippuen ravintolan koosta [20].

Oleellinen parametri mittauksen suunnittelussa ja toteutuksessa on mittaustiheys eli kuinka usein mitataan. Kuten edellä todettiin, etenkin sähkösuureista monet vaativat reaaliaikaisen tai lähes reaaliaikaisen mittauksen, jolloin mittausaikaväli on alle 1 minuutin. Sama vaatimus pätee myös kaikkiin rakennusteknisiin hälytysmittauksiin, kuten vuoto-, jäätymissuoja- ja palohälytyksiin. Lyhyttä 10-15 minuutin aikaväliä voidaan käyttää esimerkiksi kuormitusprofiilin määrittämiseen ja energialaskutukseen, sillä tätä aikaväliä käyttävät myös energiayhtiöt. Kerran tunnissa tai kerran päivässä tapahtuva pitkän intervallin mittaus soveltuu esimerkiksi sään, lämpötilojen ja energiankulutusjakauman mittaamiseen. Staattisia mittauksia käytetään vain muuttumattomille suureille, kuten rakennuksen tilavuudelle ja pinta-alalle.

Vaikka jokaiseen kohteeseen suunniteltava SEMS-järjestelmä on aina arkkitehtuuriltaan ja toteutukseltaan yksilöllinen, eri rakennuskohteisiin asennettavissa SEMS-järjestelmissä on kuitenkin myös yhtäläisyyksiä. SEMS:issä mittarit ovat hajallaan ympäri kohdetta, joten SEMS:iin vaaditaan aina väylämuunnin, joka kerää kaiken mittaustiedon yhteen ja lähettää sen eteenpäin. SEMS:issä käytettävät väylämuuntimet ovat tuotenimeltään EGX100 ja EGX300, joka on kuvassa 16. SEMS-järjestelmä voidaan toteuttaa myös iRIO-kontrollerilla, joka on kuvassa 17. EGX300:lla ja iRIO:lla saadaan toteutettua toiminnallisuuksiltaan kaksi erilaista SEMS-järjestelmää riippuen asiakkaan tarpeista.

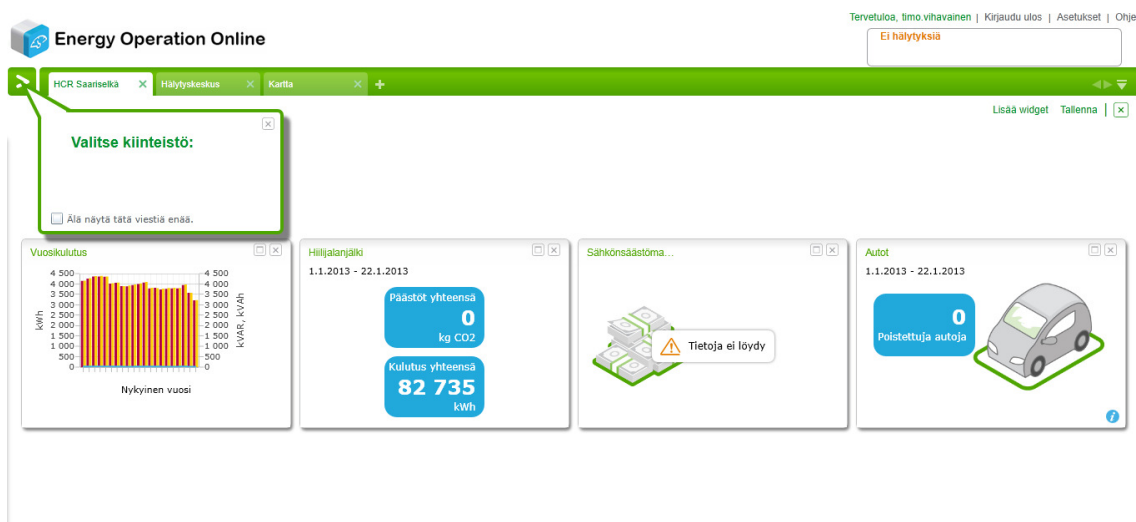


Kuva 16. EGX300-väylämuunnin. [21]

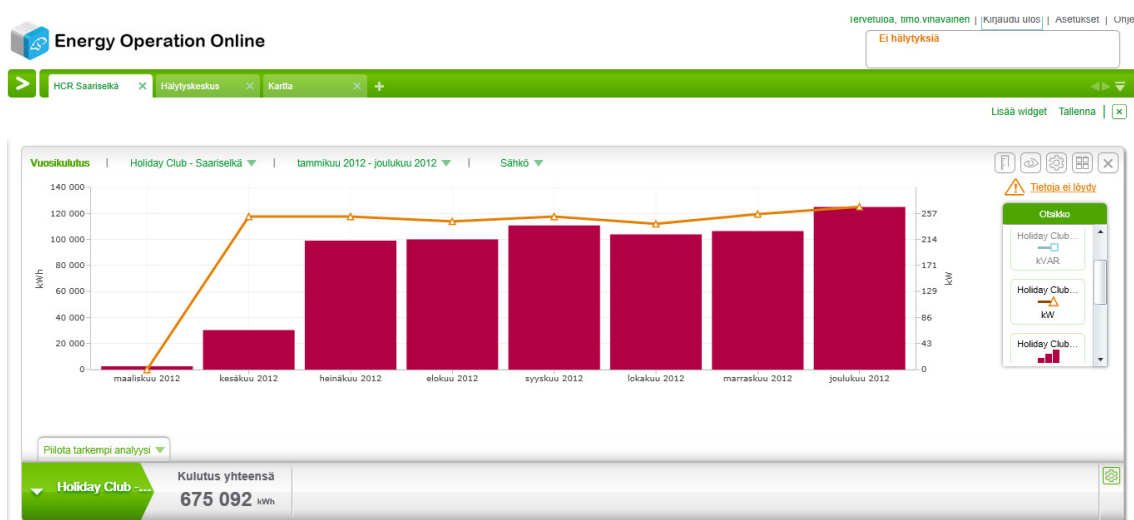


Kuva 17. iRIO-kontrollerin keskusyksikkö. [21]

EGX300:aa käytettäessä kaikki tieto kulkee EGX300:n kautta joko kiinteällä verkkoyhteydellä tai GSM/3G/4G-yhteydellä REM-palveluun. REM on Schneider Electricin palvelimella toimiva pilvipalvelu, johon asiakas saa tunnukset ja voi näin seurata mittauksia etänä. REM:in etusivu, käyttöliittymä ja asiakkaan näkymät on esitetty kuvissa 18 ja 19.



Kuva 18. REM-pilvipalvelun käyttöliittymä.



Kuva 19. Holiday Club Saariselän kuukausittainen kulutusseuranta REM:issä.

EGX300:n ohella toinen tapa SEMS:in toteuttamiseen on iRIO-kontrolleri, jonka kautta mittaus tieto siirretään käyttäjälle paikallisena sovelluksena, jossa esimerkiksi kannettava tietokone toimii asiakkaan päätelaitteena. Jos asiakkaalla on paljon erillisiä hajallaan olevia kohteita, iRIO ja REM voivat toimia rinnakkain siten, että osa kohteista on etäluettavia ja osa paikallisesti luettavia.

Yksinään iRIO:n avulla toteuttava SEMS ei sovellu kovin monimutkaisiin ja paljon mittauspisteitä sisältäviin kohteisiin. Tämä johtuu siitä, että kaikki iRIO:n muuttujat täytyy syöttää ja asettaa käsin. Manuaalinen syöttäminen on hidasta, joten iRIO:on ei ole suositeltavaa asentaa kovin paljon mittareita. Muuttujien maksimimäärä iRIO:ssa on jopa 2000, mutta niitä kaikkia ei tarvita käytännössä koskaan.

SEMS-järjestelmän suunnittelussa on muutamia tyypillisiä ongelmia, jotka toistuvat usein eri kohteissa. Monesti olemassa olevissa kohteissa on vääränlaiset tai liian

vanhanaikaiset mittarit, joista ei saada etäluettua haluttua tietoa, vaan joudutaan asentamaan kokonaan uusi mittari, mikä lisää kustannuksia. Kohteen sisäinen tiedonsiirto mittareilta väylämuuntimelle on altis häiriöille. Näistä erityisesti Modbusin ja ZigBeen häiriöitä ja luotettavuutta käsitellään vertailevasti luvussa 6.2. Myös tietoturva on nykyään otettava tarkasti huomioon kaikissa kohteissa, sillä mittauksessa käsitellään asiakkaan luottamuksellista mittaustietoa, joka ei saa päätyä väärin käsiin.

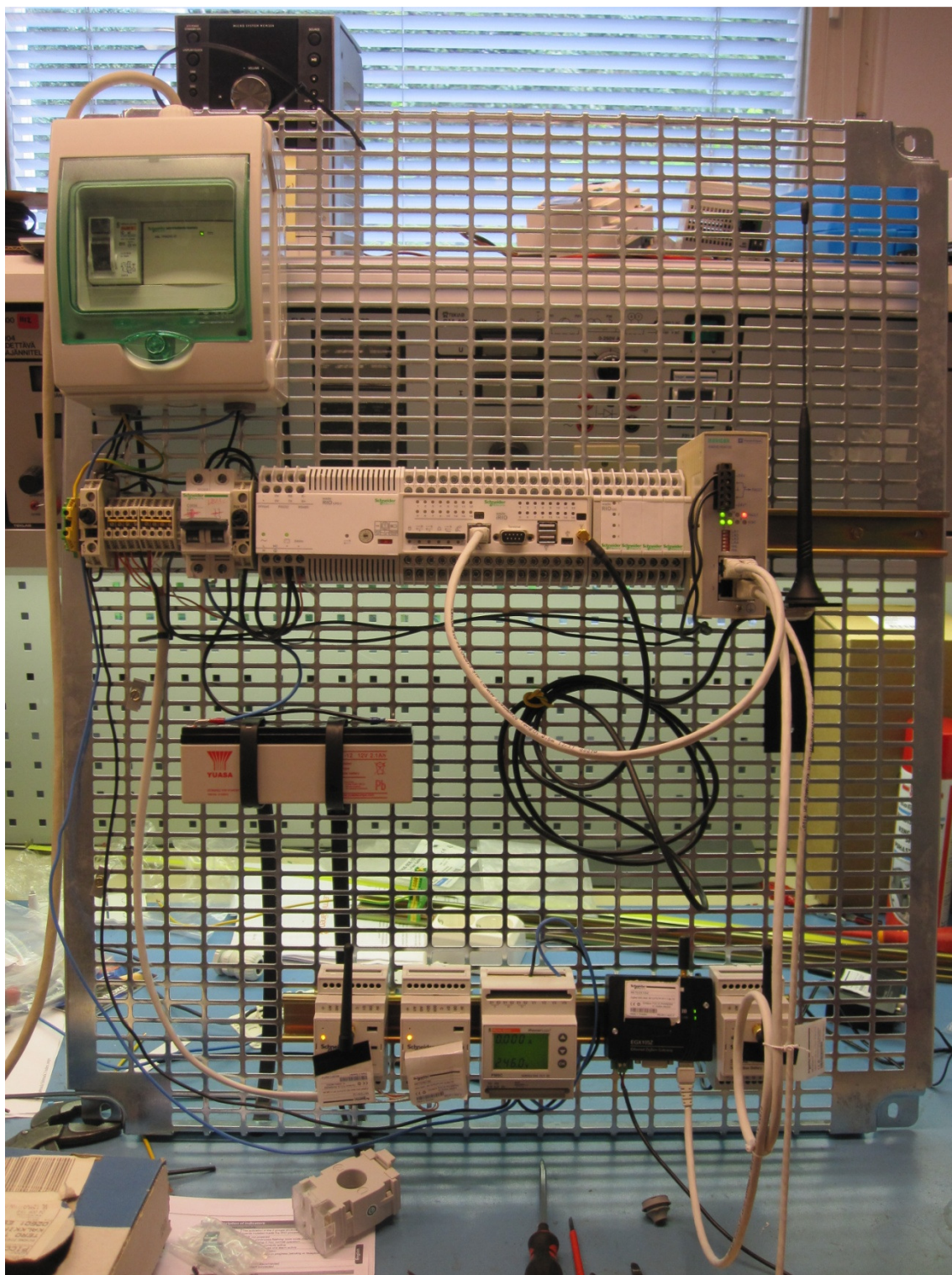
Kun SEMS-järjestelmän tuottamaa mittaustietoa analysoidaan, löytyy kulutuskohteista usein isoja jokia ja pieniä puroja. Isot kulutuskohteet ovat yleensä monimutkaisia, joten niiden säätäminen ja säästöjen löytäminen on vaikeaa, mikä saattaa lannistaa asiakkaan. Pienet kulutuskohteet ovat yksinkertaisempia, joten niistä on löydettävissä nopeita säästöjä, joilla saadaan asiakasta motivoitua lisäsäästöjen etsimiseen.

## 5.2 SEMS mittaroinnissa

Tässä luvussa kuvataan diplomityön käytännön osuus, joka koostuu kahdesta osasta. Ensimmäinen käytännön vaihe työssä oli SEMS-mittauskytkennän simulointi laboratorio-olosuhteissa. Toinen käytännön osa työssä oli SEMS-mittarointijärjestelmän suunnittelu ja toteutus Holiday Club Saariselän kylpylähotelliin.

Työn ensimmäisessä käytännön osassa rakennettiin SEMS-laitteilla simulointikytkentä Schneiderin laboratorioon. Simulointikytkentä on esitetty kuvassa 20. Simulointikytkentä jätettiin mittaroinnin osalta hyvin yksinkertaiseksi, sillä mittarointi koostui vain yhdestä PM9C-mittarista. Tärkeämpää simuloinnissa oli tutkia langattomien ZigBee-laitteiden ja SEMS-järjestelmän tietoväylien yhteistoimintaa. Simulointikytkentä oli onnistunut, sillä eri väylälaitteet ja väylät saatiin kommunikoidaan ja siirtämään mittaustietoa keskenään. Simulointikytkennässä harjoiteltiin myös SEMS:in käyttöä paikallisena sovelluksena liittämällä kannettava tietokone iRIO:n päätelaitteeksi. Mittaustietoa pystyttiin tällöin seuraamaan kannettavan tietokoneen ruudulta.





Kuva 20. SEMS-laitteet kytkettynä laboratorioissa.

Holiday Club Saariselkä on Suomen pohjoisin kylpylähotelli. Saariselän energiatehokkuuden parantaminen on osoittautunut aiemmin hyvin haastavaksi, koska kohteen asiakaskuormitus on suurinta kylminä ja pimeinä vuodenaikoina syksyllä ja talvella, jolloin myös luonnollinen energiantarve on suurin. Suurin energiansäästö-potentiaali on kesällä, kun asiakkaita on vähemmän.

Nykyään Saariselän kiinteistön energiankulutusta mitataan vain päämittaustasolla energiayhtiön mittareilla. Saariselälle asennetussa SEMS-järjestelmässä mittarointi automatisoitiin ja laajennettiin päämittaustasolta kohteen eri toiminnallisuuksiin (hotelli, kylpylä, areena ja ravintolat), jotta mittarointi palvelisi mahdollisimman tehokkaasti myös kohteen henkilökuntaa työssään.

Saariselän kohteeseen suoritettiin mittaroinnin suunnittelu- ja tarkastuskäynti 6.–7.10.2011. Käynnin ensisijaisena tarkoituksena oli kartoittaa kohteen nykyinen mittarointitilanne ja tekniset valmiudet uutta mittarointijärjestelmää varten. Toisena tavoitteena oli etsiä säästökohteita yhteistyössä Saariselän henkilökunnan kanssa. Kohteessa tehtiin katselmointi, jossa tarkastettiin olemassa olevien mittareiden soveltuvuus uuteen järjestelmään ja uusien mittareiden tarve sekä kartoitettiin kohteen energianjakelujärjestelmät ja mittauspisteiden fyysinen sijainti. Lisäksi kohteessa tutkittiin olemassa olevia tiedonsiirtoyhteyksiä uuden mittarointijärjestelmän toteuttamiseksi, sillä uuden järjestelmän etäluenta vaatii joko uutta kaapelointia kohteessa tai langattoman tekniikan hyödyntämistä.

Uudessa mittarointijärjestelmässä alkuperäiseksi tavoitteeksi asetettiin, että kaikkia neljää toiminnallista kokonaisuutta (hotelli, kylpylä, areena ja ravintolat) päästäisiin mittaamaan erikseen. Kustakin toiminnallisuudesta oli tarkoitus saada automaattiseen mittaukseen ja etäluentaan sähkön, kaukolämmön ja veden kulutuslukemat. Tästä tavoitteesta jouduttiin kuitenkin joustamaan, koska mittaroinnin toteuttaminen alkuperäisen suunnitelman mukaan ei ole kaikilta osin teknisesti mahdollista ja mittaroinnin kustannukset nousisivat merkittävästi.

Sähkön osalta Saariselän kylpyhotellia syötetään kiinteistössä olevan sähkölaitoksen päämuuntajan kautta. Päämuuntaja syöttää Saariselällä myös muita kiinteistöjä, joita ovat Tunturihotelli ja hotelli Riekonlinna. Saariselän kylpylähotellin syöttö tulee sähköpääkeskukseen, jonka päämittari on paikallisen energiayhtiön Inergia Oy:n automaattisessa etäluennassa. Kulutuslukemat luetaan kuitenkin myös kerran kuussa manuaalisesti kylpylähotellin omaa seurantaa varten.

Sähköpääkeskuksessa on päämittarin alapuolella asennettuna sähköanalysaattori, jonka mittaamia tietoja olisi mahdollista lukea etänä. Sähköpääkeskuksesta on lähtöjä useisiin ryhmäkeskuksiin eri puolille kylpylähotellia. Lähtöjä ei kuitenkaan ole toteutettu kylpylähotellin toiminnallisuuksien mukaan, vaan lähdoissa eri toiminnot sekoittuvat, mikä monimutkaistaa mittarointijärjestelmää. Hotellin uudelle puolelle on tehty varaus omasta lähdoista, joka tullaan mahdollisesti toteuttamaan tulevaisuudessa.

Sähköpääkeskuksessa on aikaisemmin ollut ilmeisesti sähkölaitoksen alamittaus kylpylän sähkönkulutukselle, mutta mittari on poistettu. Vanhan mittarin johdotukset ovat yhä näkyvissä, joten uusi mittari olisi asennettavissa sähköpääkeskukseen, jolloin kylpylän sähkönkulutus saataisiin helposti mitattua. Käynnillä pohdittiin myös erillistä alamittausta allaslaitteille. Allaslaitteiden kulutus voitaisiin mitata erikseen allasteknisessä tilassa.

Liikunta-areenan osalta sähkön mittaaminen on nykyisin jo olemassa, mutta areenan mittari on huomattavan vanha eikä sitä todennäköisesti saada etäluentaan. Näin areenaan tulisi asentaa kokonaan uusi sähkömittari vanhan tilalle. Hotellin uudella puolella on aikaisemmin ollut sähkölaitoksen mittari, joka on kuitenkin poistettu. Vanhan tilalle olisi mahdollista asentaa uusi mittari, jolla hotellin uusi puoli saataisiin etäluentaan.



Saariselän kylpylähotellin loput osat (ravintolat ja hotellin vanha puoli) ovat teknisesti vaikeita tai jopa mahdottomia saada luotettavasti sähkömittaukseen, koska niiden sähkönsyöttö tulee sekalaisesti eri puolilta kiinteistöä. Tämän osan sähkönkulutus saataisiin kuitenkin laskettua erotusmittauksen avulla, kun muiden osien kulutukset vähennetään päämittauksesta.

Kaukolämmön osalta päämittaus on areenassa. Päämittauksen lisäksi kohteessa on vain uuden hotelliosan alamittaus kaukolämmölle. Muiden kokonaisuuksien osalta kaukolämmön mittaus on käytännössä mahdotonta toteuttaa, koska muissa osissa ei ole omia lämmönvaihtimia. Näin mittausjärjestelmässä olisi tyydyttävä siihen, että vain kaukolämmön päämittaus ja hotellin uuden puolen alamittaus saadaan etäluentaan, jos nämä halutaan toteuttaa tulevaisuudessa.

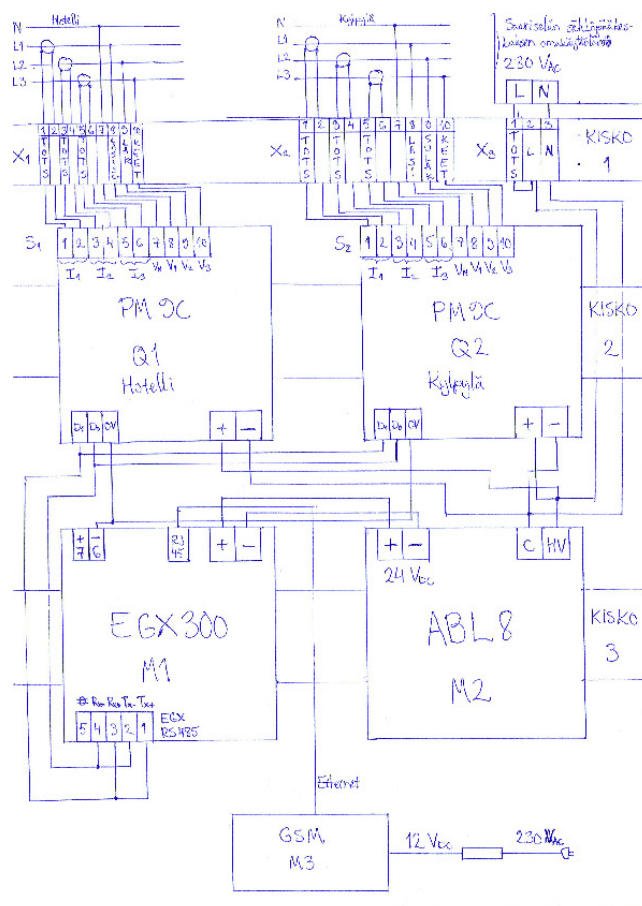
Veden osalta kiinteistön päämittaus sijaitsee allasteknisessä tilassa. Päämittari on vanha eikä sitä luultavasti saada etäluentaan. Näin ainoa vaihtoehto olisi uuden vesimittarin asennus, jos veden kokonaiskulutusta halutaan seurata etänä.

Kylpylän osalta allasteknisessä tilassa on nykyisin yhteensä kuusi eri vesimittaria, jotka ovat kaikki melko vanhoja. Jos kylpylän vedenkulutus halutaan etäluentaan, kaikki kuusi mittaria pitäisi vaihtaa uudempiin ja lukemat pitäisi summata yhteen. Areenassa ja hotellin uudella puolella on jo nykyisin omat vesimittarit, joissa on liitäntä etäluenta varten, mutta liitännän toimivuus pitäisi varmentaa. Jos vesimittaukset saataisiin etäluentaan, ravintoloiden ja vanhan hotelliosan vedenkulutus olisi mahdollista laskea erotusmittauksena päämittarin avulla.

Lopulta teknisen toteutuksen aiheuttamien haasteiden sekä rahallisten kustannusten johdosta Saariselän kylpylähotelliin toteutettiin kuvan 21 mukainen, yksinkertainen SEMS-mittausjärjestelmä, jossa automaattisessa etäluennassa ovat vain hotelliosan ja kylpyläosan sähkönkulutukset. SEMS-järjestelmä rakennettiin Saariselälle siten, että järjestelmässä on kaksi PM9C-mittaria hotellin ja kylpylän sähkönkulutusten mittaamiseksi, EGX300-väylämuunnin, ABL8-teholähde sekä GSM-lähetin. Laitteet koottiin valmiiksi kuvassa 21 näkyvään mittauskoteloon, minkä jälkeen se asennettiin Saariselän kylpylähotellin sähköpääkeskukseen. Mittauskotelon kytkentäkaavio on esitetty kuvassa 22.



Kuva 21. Saariselälle asennettu SEMS-mittausjärjestelmä koottuna.



Kuva 22. SEMS-järjestelmän kytkentäkaavio Saariselän kylpylähotelliin.

## 6 Rajapinnat mittaroinnin ja käyttäjän välillä

Tässä luvussa käsitellään erilaisia rajapintoja, joita syntyy fyysisen mittarin ja mittaustietoa REM-pilvipalvelusta lukevan käyttäjän välille. Luvussa 6.1 esitellään lyhyesti SEMS-järjestelmien tiedonsiirrossa yleisesti käytetyt Modbus- ja ZigBee-protokollat sekä kuvataan kenttälaitteiden välisiä rajapintoja. Luvussa 6.2 tehdään vertailua langallisen ja langattoman tekniikan välillä, koska molemmilla on mahdollista rakentaa toimiva SEMS-järjestelmä. Luvussa 6.3 käsitellään verkkoliikennettä mitattavan kohteen ja pilvipalvelun tai käyttäjän välillä.

### 6.1 Protokollat

#### 6.1.1 Modbus

Modbus on yleisnimitys tietoliikenneprotokollalle, jota käytetään tiedonsiirtoverkkoon liitettyjen laitteiden väliseen kommunikointiin. Modbus on maailman käytetyin sarjaliikenneprotokolla, sillä sen etuina ovat etenkin protokollan avoimuus ja maksuttomuus. Vaikka Modbus on julkaistu jo vuonna 1979, se on edelleen yleisesti käytössä myös uusissa sovelluksissa johtuen sen yksinkertaisuudesta.

Modbus-protokollasta on olemassa omat versiot sarjamuotoiselle liikenteelle ja TCP/IP:lle. Yhteistä niille on se, että molemmissa versioissa erilaisissa rekistereissä olevaa tietoa voidaan lukea ja kirjoittaa verkon välityksellä sekä jokaisella verkon laitteella on oma yksilöllinen tunnuksensa, jolla se erotetaan verkon muista laitteista.

Sarjaliikenteen ja TCP/IP:n suurimpana erona on se, että TCP/IP:ssä verkon laitteet voivat kommunikoida samanaikaisesti, kun taas sarjaliikenteessä vain yksi laite kerrallaan lähettää tietoa. Tämä johtuu siitä, että sarjaliikenteessä verkolla on yksi isäntälaitte (master), joka kontrolloi verkon liikennettä ja jakaa lähetyvuoroja orjalaitteille (slave).

Modbusin sarjaliikenneversiota kutsutaan myös Modbus RTU-protokollaksi, sillä sarjaliikenteen verkko muodostuu erilaisista kenttälaitteista (RTU). Modbus RTU-protokolla on asetettu standardiksi Schneider Electricin laitteisiin. Tämä merkitsee sitä, että verkon määrittely- ja rakennusvaiheessa jokaiselle laitteelle täytyy määritellä osoite väliltä 0-254. Nollaa ei kuitenkaan ei yleensä käytetä, vaan osoite valitaan väliltä 1-254.

Toinen periaate nimetä verkon laitteet on käyttää osoitteina vain tasakymmeniä, kuten 10, 20, 30 jne. Rakennuksessa, jossa on paljon Modbus-laitteita, voi olla käytössä oma nimeämislogiikkansa, jolla laitteet erotetaan helposti toisistaan. Eri väylien laitteet voivat olla samannimisiä, sillä ne voidaan erottaa toisistaan väylämuuntimen IP-osoitteen avulla.

Verkkolaitteiden osoitteiden lisäksi sarjaliikenteelle täytyy määritellä nopeus ja käytettävä pariteetti. Siirtonopeudeksi (eng. Baud Rate) valitaan joko 9600 Bps, 12500 Bps tai 22100 Bps. Näistä 12500 Bps on käytetyin nopeus. Tiedonsiirtoväylällä käytettävän pariteettitarkastuksen määrittelyssä päätetään, käytetäänkö väylällä

paritonta (eng. odd tai 8N1) vai parillista (eng. even tai 8N2) pariteettia. On myös mahdollista, että pariteettia ei ole lainkaan (eng. none tai 8N0).

Tiedonsiirtoverkon fyysisestä rakenteesta tulee huomioida, käytetäänkö 2 (eng. 2-wire) vai 4 (eng. 4-wire) johtimen johdotusta laitteiden kytkemisessä toisiinsa. 2-wire tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että kuhunkin verkon laitteeseen voi liittää kaksi johdinta, jotka nimetään tyypillisesti tunnuksilla A ja B. 4-wire kytkennässä laitteisiin voi liittää A:n, A':n, B:n ja B':n. 2-wire- ja 4-wire-laitteiden toiminnallinen ero on se, että 4-wire-laitteet voivat lähettää ja vastaanottaa tietoa samaan aikaan, kun taas 2-wire-laitteiden portit vaihtavat tilaansa riippuen siitä kumpaa toimintoa ne suorittavat.

Sarjaliikenteen verkkolaitteita kytkettäessä on tärkeää muistaa verkon sisäinen hierarkia, joka perustuu laitteiden master-slave -jaotteluun. Tämä tarkoittaa sitä, että väylän master-laite aloittaa aina kommunikoinnin ja tiedon kyselyn väylällä sekä kontrolloi väylän kommunikointivuoroja.

2-wire-laitteissa on kaksi sisääntuloporttia, lähetys T ja vastaanotto R (eng. T=transfer, R=receive). Master- slave -kytkennässä master-laitteen T-tulo kytketään slave-laitteen R-tuloon. Slave- slave -kytkennässä puolestaan T kytketään T:hen ja R kytketään R:ään. 4-wire-laitteissa on neljä tuloporttia: Tx+, Tx-, Rx+ ja Rx-. Master-slave -kytkentä 4-wire-laitteissa tehdään siten, että masterin Tx+ kytketään slaven Rx+:aan, masterin Tx- kytketään slaven Rx:-een, masterin Rx+ kytketään slaven Tx+:aan ja masterin Rx- kytketään slaven Tx:-een. Slave-slave-kytkentä menee 4-wire-laitteilla yksi yhteen porttien kanssa, esimerkiksi Tx+ Tx+:aan jne.

Jos verkossa käytetään yhtäkin 2-wire-laitetta, täytyy kaikilla laitteilla käyttää 2-wire-johdotusta. Tämä ei ole ongelma 4-wire-laitteille, sillä ne toimivat moitteettomasti myös 2-wire-asetuksella.

### 6.1.2 ZigBee

ZigBee on langattoman tietoliikenteen protokolla, jota käytetään IEEE 802.15.4-standardin mukaisessa, erittäin pienitehoisessa, lyhyen kantaman tiedonsiirtoverkossa. ZigBee on verkkotekniikka, joka on tarkoitettu hyvin vähän virtaa kuluttavien laitteiden langattomaan tiedonsiirtoon. ZigBee-laitteiden paristojen kesto voi olla useista kuukausista jopa useisiin vuosiin, mutta sähkönsyöttö ZigBee-laitteille voidaan tarvittaessa varmistaa tai toteuttaa kokonaan myös kiinteällä johdotuksella.

Yhteysetäisyydet ZigBee-tekniikalla ovat tavallisesti muutamista kymmenistä metreistä noin sataan metriin asti, mutta ulkoisella antennilla jopa enemmän. Tiedonsiirtokapasiteetti kahden ZigBee-laitteen välillä on käytetystä taajuudesta riippuen 20–250 kb/s. Standardi IEEE 802.15.4 määrittelee verkon OSI-mallin fyysisen kerroksen ja siirtoyhteyserroksen, jotka ovat verkon alimmat kerrokset. [22]

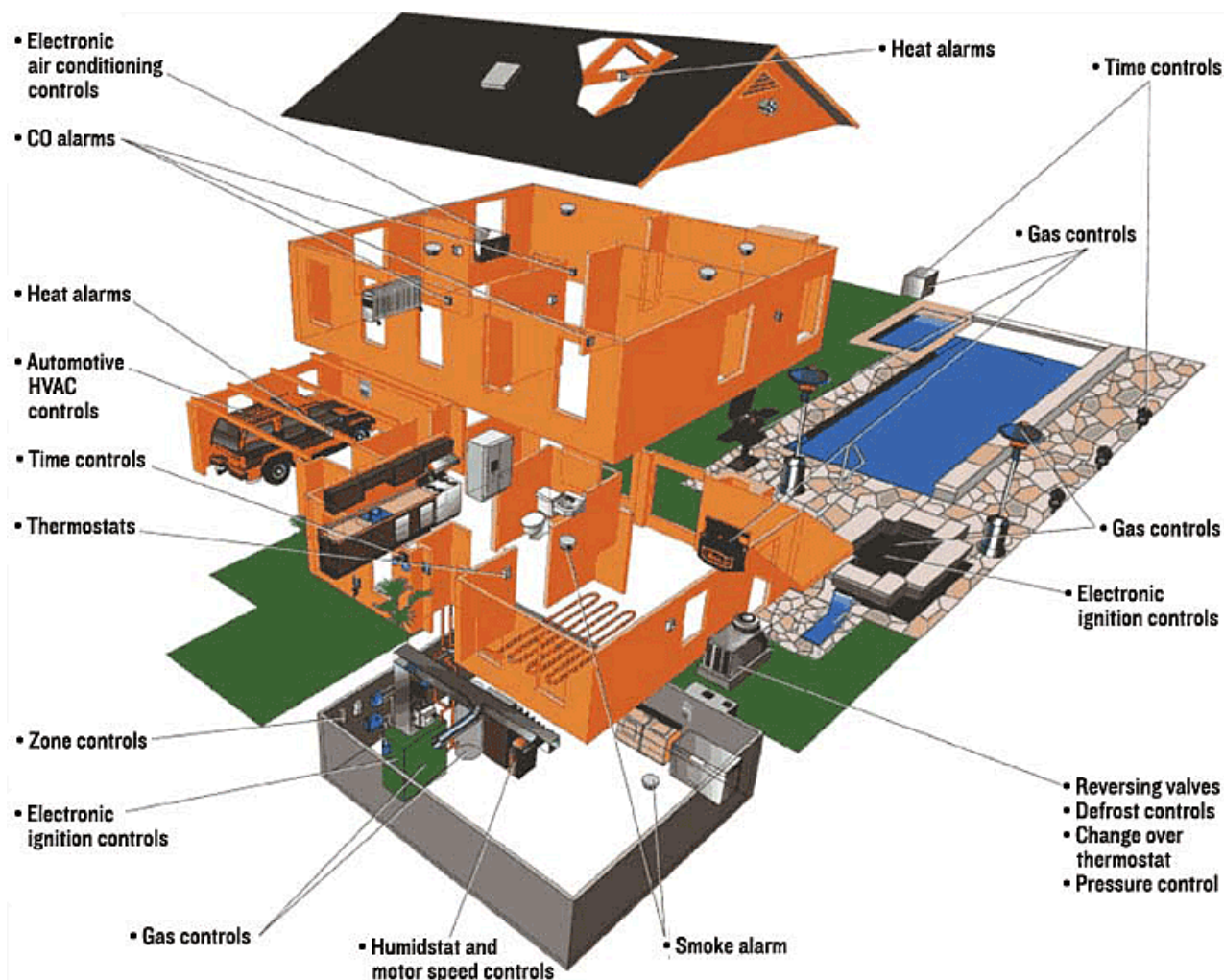
ZigBee-allianssi on yhteisö, joka vastaa ZigBee-standardin kehittämisestä. Allianssiin kuuluu monia suuria elektroniikkalaite- ja komponenttivalmistajia kuten Schneider Electric, Siemens, Intel, HP ja Philips. Tällä hetkellä allianssin jäsenmäärä on lähes 400. Standardi on tällä hetkellä avoin kaikille vain ei-kaupallisiin tarkoituksiin. Allianssin jäsenyys maksaa 3500 Yhdysvaltain dollaria, mikä oikeuttaa standardin käyttämiseen

myös kaupallisiin tarkoituksiin. ZigBee-tunnuksen käyttäminen edellyttää laitemallin testaamista ZigBee-yhteensopivaksi. ZigBee-allianssin työn tuloksena protokollaan on kehitetty OSI-mallin NWK (Network Layer) eli verkkokerros ja APS (Application Support Layer) eli sovelluskerros. Loput OSI-mallin kerrokset jätetään kolmannen osapuolen sovelluksien tehtäväksi. [23]

ZigBeetä voidaan hyödyntää erityisesti älykkäiden rakennusten automaatiojärjestelmässä ja sen sovelluksissa. Älykkäissä rakennuksissa ZigBeetä voisi käyttää rakennuksen kunnon valvonnassa, ilmastoinnin, lämmityksen, valaistuksen, ovien, ikkunoiden ja kodin laitteiden ohjauksessa ympäristön tai asukkaan toimintaan reagoiden. Lisäksi ZigBeellä voidaan toteuttaa kodin automaattiset hälytykset, kuten palo-, vuoto- ja murtohälytykset. ZigBeen toimintaa älykkäissä rakennuksissa on havainnollistettu kuvassa 23.

Energiatohokkuuden kannalta esimerkiksi kodin valaistus, lämmitys ja ilmastointi voitaisiin ZigBeen avulla automatisoida siten, että kustannuksissa säästettäisiin. Myös teollisuudessa ZigBee-tekniikkaa voidaan hyödyntää erilaisissa mittauskohteissa. ZigBeen ideana ei ole varsinaisesti haastaa esimerkiksi Bluetoothia, vaan ZigBee on kehitetty äärimmäisen vähäisen virrankulutuksen verkkotekniikaksi, johon WLAN ja Bluetooth eivät ole soveltuneet [24, s.8]. ZigBeen etuja ovat myös toteutusten edullisuus ja yksinkertaisuus. ZigBee-allianssilla on myös oma Smart Energy –ohjelma, joka on keskittynyt energiatohokkuussovelluksiin.





Kuva 23. ZigBee osana kodin automaatiojärjestelmää. [25]

## 6.2 Mediat

Toimiva SEMS-järjestelmä on mahdollista rakentaa sekä langallisella että langattomalla tekniikalla. Harvoin kuitenkaan käytetään vain toista tekniikkaa, sillä järjestelmän rakentaminen hybridiksi on lähes aina kustannustehokkain vaihtoehto. Kummallakin tekniikalla on kuitenkin tyypillisiä ominaispiirteitä ja haasteita, jotka vaikuttavat niiden soveltuvuuteen ja käytettävyyteen erilaisissa mittauskohteissa. Vaikka molemmilla tekniikoilla saadaan samat toiminnallisuudet aikaiseksi, yleensä toinen on teknisesti yksinkertaisemmin ja siten halvemmin toteutettavissa.

Modbus-protokollaan (sarjaliikenne tai TCP/IP) perustuva langallinen tiedonsiirto-verkko on erittäin luotettava ja toimintavarma, kun se on huolellisesti rakennettu. Langallisen järjestelmän haasteet liittyvätkin nimenomaan verkon rakennusvaiheeseen, joka vaatii tarkkuutta käyttäjältä, sillä muistettavia asioita on paljon. Tyypillisiä ongelmia Modbus-pohjaisessa verkossa ovat kentälaitteiden väärät tai päällekkäiset

osoitteet, väärin rekisterien lukeminen, väärin sarjaliikenneparametrien alustaminen, sekä vääränlaiset johdotukset ja liitokset.

ZigBee-protokollaan perustuva langaton verkko antaa SEMS-järjestelmän suunnittelijalle ja toteuttajalle vapaammat kädet kuin Modbus, koska fyysistä johdotusta tarvitaan vähän. Johdotuksen puuttuminen ja ZigBee-laitteiden alhainen sähkönkulutus tarkoittaa myös langattoman järjestelmän alhaisempaa kustannusta tässä suhteessa. Kaapelin hinta on noin 1-2 €/m, ja asentajan hinta on luokkaa 40-50 €/h. Normaali asennusnopeus tavallisessa kohteessa on noin 50 m/h, jolloin kaapeloinnin kokonaiskustannus on noin 2-3 €/m.

Toisaalta langattoman ZigBee-verkon rakentaminen ja ylösajo on yksinkertaisempaa kuin langallisessa järjestelmässä, koska alustustyötä ja konfigurointia on yleensä vähemmän kuin langallisissa järjestelmissä. Langattomat järjestelmät ovat helposti muokattavissa ja laajennettavissa jälkikäteen, jos esimerkiksi tilojen käyttö muuttuu vuosien varrella tai halutaan lisätä uusia mittauksia SEMS-järjestelmään. ZigBeellä on toisaalta yksinkertaista myös laajentaa olemassa olevaa langallista runkoverkkoa.

ZigBeellä on kuitenkin heikkouksia ja tyypillisiä ongelmia verrattuna langalliseen Modbus-järjestelmään. Jos ZigBee-laitteille ei ole kiinteää sähkönsyöttöä, laitteiden paristot täytyy vaihtaa aika ajoin. Mikäli langaton järjestelmä on suunniteltu hyvin ja laitteet käyttävät alhaista lähetystehoä, paristot voivat kestää vuosia. Heikosti toteutettu järjestelmä saattaa kuitenkin kuluttaa paljon lähetystehoä, jolloin paristoja täytyy vaihtaa usein.

Toinen ongelma on langattoman signaalin alttius erilaisille häiriöille, joita voivat olla esimerkiksi muut langattomat signaalit, ihmiset sekä fyysiset esteet, kuten seinät ja huonekalut. ZigBee-laitteiden yleisesti käyttämällä 2,4 GHz:n lähetystaajuudella on suuri siirtonopeus, mutta lyhyt kantomatka, sillä signaali heikkenee nopeasti etäisyyden kasvaessa. Kantomatkaa voidaan kasvattaa lisäämällä lähetystehoä, mutta silloin ongelmaksi muodostuu edellä mainittu laitteiden sähkönkulutuksen kasvu. ZigBee-laitteilla voi olla lähetystaajuutena myös 868 MHz, jolloin signaalin kantavuus on pidempi, mutta tämä taajuus ei ole standardina kuin Euroopassa. Esimerkiksi Yhdysvalloissa ja Australiassa käytetään 915 MHz:n taajuutta.

Kuten sanottua, ZigBee tarjoaa suunnittelijalle paljon vapauksia erilaisten järjestelmien toteutukseen. Verkon arkkitehtuuria ei säädellä mitenkään, vaan tapauksesta riippuen sekä puu- että tähtimuotoiset verkkorakenteet ovat mahdollisia. Lähettimien luotettava ja tehokas toiminta ei kuitenkaan salli kovin pitkiä välimatkoja tai fyysisiä esteitä matkalle, jolloin suurissa kohteissa tarvitaan yleensä paljon toistimia (eng. repeater), joille täytyy järjestää oma sähkönsyöttö. Toisaalta monimutkaisissa kohteissa myös master-slave-pareja on paljon, jolloin niiden parittaminen voi muodostua hyvin työlääksi. Asetetut master-slave-suhteet saattavat myös kadota, jos laitteista loppuu virta, jolloin alustus täytyy tehdä uudestaan.

Johtopäätöksenä langallisen ja langattoman järjestelmän vertailussa voidaan todeta, että kumpikaan järjestelmä ei ole ylivoimainen toiseen nähden, vaan paremmuus vaihtelee tapauskohtaisesti. Paras lopputulos saadaan yhdistelemällä kumpaakin tekniikkaa kohteen sisällä. Nyrkkisääntönä langaton järjestelmä tulee halvemmaksi suurissa ja avarissa tiloissa, joissa langallinen järjestelmä vaatii pitkiä kaapelointietäisyyksiä. Langallinen järjestelmä on puolestaan luotettavampi ja teknisesti helpommin



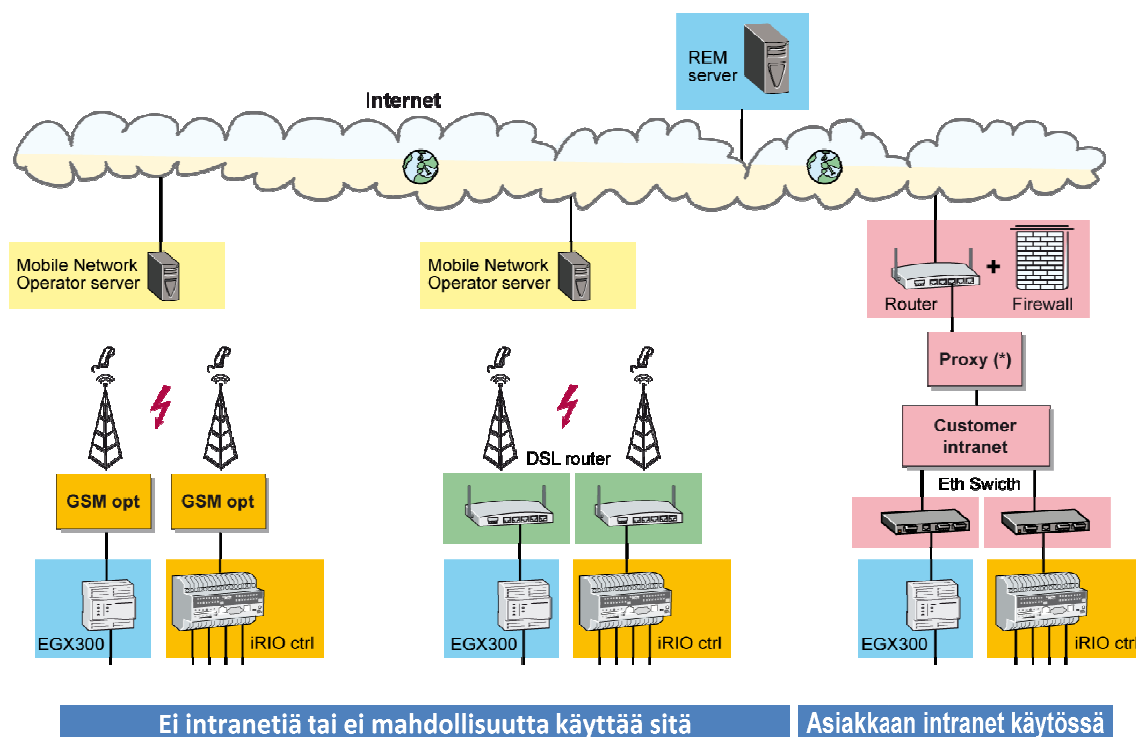
toteutettavissa ahtaissa ja sokkeloisissa tiloissa, joissa on paljon fyysisiä esteitä häiritsemässä langatonta signaalia.

### 6.3 Verkkoliikenne

Verkkoliikenne käyttäjän ja SEMS-järjestelmän välillä voidaan toteuttaa kolmella eri väylällä, jotka ovat FTP, SMTP ja HTTP. Kaikissa tapauksissa vähintään yksi näistä väylistä täytyy avata asiakkaan palomuriin, jotta tiedonsiirto REM:iin voidaan toteuttaa.

FTP on standardoitu internet-protokolla, jota käytetään tiedostojen siirtoon internetin yli, mutta joskus yritykset estävät FTP-liikenteen tietoturvasyistä. SMTP on internet-protokolla, jota käytetään sähköpostin lähettämiseen internetin yli. Hyvin usein yritysten palomuurit estävät SMTP-liikenteen, ja lisäksi monet operaattorit rajoittavat SMTP-liikennettä roskapostin vuoksi. HTTP on tavallisten selainten käyttämä internet-protokolla, jota on yleensä kaikkein yksinkertaisinta käyttää SEMS:in tiedonsiirtoon, koska siihen sisältyy vähiten tietoturvariskejä.

SEMS:in vaatima verkkoliikenne REM-pilvipalveluun voidaan kuvan 24 mukaisesti toteuttaa kolmella mahdollisella tavalla.



Kuva 24. Vaihtoehdot mittauskohteen liittämiseksi REM-pilvipalveluun.

SEMS:issä on mahdollista reitittää verkkoliikenne asiakkaan oman sisäverkon kautta tai rakentaa erillinen yhteys verkkoliikennettä varten. Päätöksen järjestelmän toteutuksesta tekee järjestelmän toimittaja, mutta yleensä keskustelua käydään myös asiakkaan IT-osaston kanssa järjestelmän käytännön toteutuksesta.

Ensimmäisessä vaihtoehdossa verkkoliikenne siirretään omalla GSM/3G/4G-yhteydellä REM-palvelimelle. Tätä varten asiakkaan täytyy hankkia verkko-operaattorilta erillinen dataliittymä ja SIM-kortti. Toisessa vaihtoehdossa SEMS:in verkkoliikenteelle on oma kiinteä laajakaistaliittymä, jonka asiakas on hankkinut operaattorilta.

Kolmannessa vaihtoehdossa verkkoliikenne kulkee asiakkaan sisäverkosta proxy-palvelimen kautta reitittimelle, joka kommunikoi internetin yli REM-palvelimen kanssa. Tässä vaihtoehdossa EGX:lle tai iRIO:lle täytyy antaa kiinteä IP-osoite, johon otetaan yhteyttä. IT-osastolta täytyy pyytää riittävä määrä kiinteitä sisäisiä IP-osoitteita sekä oletusyhdykäytävä (eng. default gateway). Oletusyhdykäytävä on reitti ulos rakennuksen sisältä muuhun maailmaan eli tarvittaessa yhteys saadaan oletusyhdykäytävää pitkin mihin tahansa internetissä. Asiakkaan palomuuriin täytyy myös tehdä aukko SEMS:in liikennettä varten.

Väylämuuntimen alustuksessa sille annetaan kiinteä IP ja määritellään aliverkon peite (eng. subnet mask). Aliverkon peite määrittää laitteen osoiteavaruuden, joka on yleensä muotoa 255:255:255:0, jolloin vain osoitteen viimeiset numerot vaihtuvat, mutta muuten osoitteen runko pysyy samana.

## 7 Kaupallistaminen

### 7.1 Energiatehokkuuden markkinatoimijat ja liiketoimintamallit

Tässä luvussa käsitellään energiatehokkuuden tuote- ja palvelumarkkinoilla toimivia yrityksiä. Yritykset esitellään aluksi lyhyesti ja tämän jälkeen kuvaillaan niiden liiketoimintamallia ja erilaisia energiatehokkuuden ratkaisuja asiakkaille.

#### 7.1.1 Energiakolmio

Energiakolmio Oy on perustettu 1995 Jyväskylässä. Energiakolmiolla työskentelee noin 70 henkeä, joista suurin osa on asiantuntijoita. Energiakolmio kuvailee itseään riippumattomaksi asiantuntijaorganisaatioksi, joka tarjoaa asiakkailleen energianhallintaan ulkoistetun ratkaisun. Heidän kantavana ajatuksenaan on auttaa asiakasta löytämään oikeat ratkaisut energiamarkkinoilla.

Alkuvaiheessa Energiakolmion toimintakonseptina oli sähkön hankinta ja kaukoluenta, joita täydennettiin sähkönkulutuksen raportointipalvelulla. Myöhemmin palvelutarjonta on laajentunut käsittämään energianhallinnan palvelukokonaisuuden, jossa Energiakolmion tärkein työväline on EnerKey-portaali, yrityksen kehittämä energiaraportointijärjestelmä.

EnerKey-portaalin palvelut liittyvät energian hankintaan, energiatehokkuuteen, laskutukseen ja erilaisiin IT-tuotteisiin. Energiakolmion vahvuutena energiamittarointipalveluissa on riippumattomuus eri mittaritoimittajista. Toisaalta tämä on myös heikkous, koska Energiakolmiolta ei saa suoraa laitetukea ongelmatapauksissa.

EnerPro Energiamarkkina on palvelupaketti, jossa asiakkaalle tarjotaan ulkoistettuja energianhankintapalveluja. Näitä ovat esimerkiksi sähkön ja päästöoikeuksien osto markkinoilta asiakkaan puolesta, jolloin asiakkaan ei tarvitse itse seurata ja analysoida markkinahintojen kehitystä. Energiakolmio esittää asiakkaalle oikeaa hetkeä ostaa tai myydä eri markkinainstrumentteja, mutta asiakkaan on aina itse tehtävä lopullinen ostopäätös.

EnerControl Energiatehokkuuspalvelu sisältää erilaisia asiakkaan energiadatan etäluenta-, seuranta- ja raportointipalveluja. Asiakkaalle voidaan rakentaa EnerKey-portaalille energianmittaus- ja seurantajärjestelmä, jolla asiakas voi automaattisen mittareiden etäluennan avulla seurata omaa energiankulutustaan portaalin kautta. Järjestelmän kautta voidaan tuottaa myös asiakkaan haluamaa kulutusraportointia. Raportoinnin tueksi on myös saatavilla asiantuntijapalveluja, sillä kaikilla asiakkailla ei välttämättä ole riittävää osaamista kulutustiedon oikeaan tulkitsemiseen ja hyödyntämiseen.

EnerCount Laskulogiistiikkapalvelu tarjoaa asiakkaalle energialaskutukseen liittyviä palveluja, kuten ulkoistetun energialaskutuksen, laskujen tarkastuksen ja sähköisen tiliöinnin. Lisäksi tarjotaan energiaan liittyviä IT-palveluja, esimerkiksi energia-alan ohjelmistojä, dokumenttienhallintapalveluja sekä ohjelmistokehityspalveluja.

Energiakolmion asiakkaita ovat suuret ja keskisuuret yritykset Pohjoismaissa sekä julkisen sektorin organisaatiot kaikilla toimialoilla. Asiakkaiden kanssa pyritään luomaan yhteistyökumppanuus, jossa Energiakolmio tarjoaa kokemuksiaan, parhaita käytäntöjään ja työvälineitään asiakkaan käyttöön. Energiakolmion asiakkaita ovat mm. Fingrid, Atria, Espoon kaupunki, Kesko, Keuruun Sähkö, Metso, Senaatti-Kiinteistöt, TOAS eli Tampereen seudun opiskelija-asuntosäätiö ja Valio.

Energiakolmio toimii Fingridille kantaverkon häviösähkön, 1 TWh/a, salkunhoitajana ja hankkii tarvittavan häviösähkön markkinoilta sekä hoitaa hintasuojauksen johdannaismarkkinoilla. Atrialle Energiakolmio tekee sähkönhankintaa Nord Poolin ELTERMIN-johdannaismarkkinoilta sekä energian kulutusseurantaa. Espoon kaupungilla on omistamissaan kiinteistöissä käytössä Energiakolmion sähkösalkkupalvelu, jossa Energiakolmio tekee markkina-analyysyjä ja antaa suosituksia sähkön hankinta-ajankohdista. Keuruun Sähkölle Energiakolmio tuottaa sähkö- ja päästökaupan salkunhoitopalvelua, raportointia sekä taseenhoitoa.

Metsolle Energiakolmio hoitaa Suomen ja Ruotsin tuotantolaitosten sähkösalkkua. Lisäksi Metsolle on perustettu globaali energiatiimi, joka suunnittelee energiansäästön toimenpiteet ja mittarit, kartoittaa investoinnit sekä seuraa tavoitteiden toteutumista. Senaatti-Kiinteistöjen kaikkien kiinteistöjen sähkön päämittarointi ja rakennuksen hälytykset ovat Energiakolmion reaaliaikaisessa seurannassa. TOAS:illa koko kiinteistökannan sähkön, lämmön ja veden kulutusseuranta on liitetty EnerKey-järjestelmään, jolla tuotetaan myös sähkönhankintaan ja energialaskujen käsittelyyn liittyvää palvelua. Valiolle Energiakolmio on tuottanut sähkönkäytön tehokkuuteen liittyviä projekteja. [26]

Lähes kaikki asiakkaat painottavat valintaperusteissaan Energiakolmion riippumattomuutta ja eettisyyttä sähkönhankinnan palveluissa, mikä herättää luottamusta asiakkaiden intressien hoitamiseen. Asiakkaat myös arvostavat sitä, että Energiakolmio käyttää palveluiden kiinteän hinnoittelun lisäksi todellisiin säästöihin sidottua hinnoittelua sekä antaa toisinaan takuun syntyvistä säästöistä.

Energiakolmion mukaan ihmisten asenteet ja suhtautuminen energiatehokkuuteen ovat muuttuneet viime vuosina selvästi positiivisempaan suuntaan. Erityisesti julkisen paineen seurauksena kiinnostus energiatehokkuuteen on lisääntynyt ja päätöksenteko nopeutunut. Negatiivinen suhtautuminen on vähentynyt, vaikka toisinaan käydään yhä viivytykskamppailua eikä mitään todellisuudessa tehdä energiatehokkuuden edistämiseksi.

Yritykset ja julkinen sektori ovat aiempaa valmiimpia panostamaan rahaa energiatehokkuutta edistävään tekniikkaan. Myös loppukäyttäjien tiedottaminen energiankulutukseen ja säästöihin liittyvissä asioissa on lisääntynyt huomattavasti. Energiatehokkuus ei kuitenkaan ole itseisarvo rahalliselle säästölle, vaan energiatehokkuuden merkitys ymmärretään energiakustannusten kasvun kulmakertoimen leikkaamisena. Energiakulut saattavat nousta vuosi vuodelta, mutta ne nousisivat vielä enemmän, ellei energiatehokkuuteen kiinnitettäisi huomiota. Myös julkisella paineella ja lainsäädännöllä on ollut vaikutusta kiinnostuksen nousuun. [27]

### 7.1.2 Skapat Energia

Skapat Energia on 1998 perustettu energia-alan asiantuntijayritys, joka on keskittynyt erityisesti sähkönhankintaan ja energiatehokkuuteen. Skapat Energia palvelee teollisuuden ja muiden alojen yrityksiä ja julkista sektoria sekä sähkömarkkinoilla että asiakkaiden energian säästökonsultoinnissa. Skapat Energialla on henkilöstöä noin 60, ja yrityksen pääkonttorit ovat Hämeenlinnassa ja Tukholmassa.

Skapat Energian sähkönhankintapalvelussa asiakkaalle kilpailutetaan useita sähkönmyyjiä. Palvelussa Skapat Energia hoitaa kaikki neuvottelut ja sopimukset asiakkaan puolesta. Lisäpalveluna Skapat Energia tarkastaa asiakkaan sähköveroluokan, sillä halvempaan sähköveroluokkaan 2:een voivat olla oikeutettuja sellaiset valmistavaa teollisuutta harjoittavat teollisuusyritykset ja kasvihuoneviljelytilat, jotka maksavat kalliimpaa sähköveroluokkaa 1:tä. Jos sähköveroluokka on ollut väärin jo pidemmän aikaa, Skapat Energia tekee asiakkaalle toimeksiantotarjouksen ja voi hakea asiakkaan puolesta sähköverojen palautuksia takaisin kuluvalta vuodelta sekä kolmen edeltävän vuoden ajalta.

Muita sähkön- ja energianhankintaan liittyviä palveluita ovat vihreän sähkön hankinta, lämmitystapavertailu, siirtotuotteen optimointi ja sulakekoon tarkastus sekä kaukolämmön perusmaksun tarkastus. Vihreän sähkön hankinnassa Skapat Energia etsii uusiutuvilla energialähteillä tuotetulle sähkölle luotettavan toimittajan ja vaihtaa asiakkaan nykyisen sähkösopimuksen. Kaukolämmön perusmaksun tarkastuksessa Skapat Energia laskee asiakkaan lämmitystarpeen suhteessa nykyiseen tilausvesivirtaan ja tilaustehoon, jolloin selviää, maksaako asiakas liian korkeaa kaukolämmön perusmaksua.

Skapat Energian energiatehokkuuspalveluita ovat energiaselvitykset, energiatodistukset ja etähallintapalvelut. Energiaselvitykseen sisältyy lähtötilanteen kartoitus ja kiinteistökatselmus, johon sisältyy huoltohistorian läpikäynti, valaisimet ja valaistuksen ohjaus, ovien ja ikkunoiden tarkastus, vesikalusteiden tarkastus, sisälämpötilan toteaminen, lämmityslaitteiden tarkastus, sähköjärjestelmien katselmus, ilmanvaihtojärjestelmien katselmus ja rakenteiden silmämääräinen tarkastus sekä raportti, joka sisältää energiatodistuksen, ehdotukset säästötoimenpiteiksi ja ohjeelliset takaisinmaksuajat investoinneille.

Energiatodistuksista Skapat laatii sekä isännöitsijäntodistukseen liitettäviä että erillisiä energiatodistuksia. Etähallintapalvelu puolestaan on jatkuvaa ja ammattimaista siten, että Skapat Energian asiantuntijat seuraavat, säätävät ja ylläpitävät talotekniikan toimintaa sekä energian kulutusta etähallinnalla ympärivuorokautisesti vuoden jokaisena päivänä.

Skapat Energialla on yli 20000 asiakasta, joista tunnetuimpia ovat Fidelix , RTK-Palvelu, Euromaster, Hämeen ammattikorkeakoulu, Talenom, Kultajousi, Kouvola Lakritsi Oy, Marimekko, Skanska Oy, Clas Ohlson, Vanajanlinna, Kalevala Koru, Rukakeskus Oy ja Lääkärikeskus Dextra. [28]

### 7.1.3 Schneider Electric

Schneider Electricin palvelutarjonta pitää sisällään ratkaisuja lämmitykseen, ilmastointiin ja jäähdytykseen, automaatioon, kulunvalvontaan, videovalvontaan, valaistuksen hallintaan sekä energiatehokkuuteen.

Energy Edge on kehitysohjelma, joka auttaa yksityisiä tahoja, kuten hotelleja ja yrityksiä, vähentämään energia- ja käyttökustannuksia nopeasti ja tehokkaasti. Se tarjoaa välittömästi energiasäästöjä sekä paremman tuoton investoinnille.

Energy Performance Contracting auttaa julkisesti rahoitettuja tahoja parantamaan pääoman tuottavuutta pitkällä aikavälillä. Tällaisten suurten hankkeiden rahoittaminen on usein haastavaa esimerkiksi yliopistoille, joten ratkaisussa kolmas osapuoli rahoittaa tunnistetut kehityskohteet ja Schneider takaa energiasäästöt.

Extended Energy Services sisältää pitkän aikavälin energiasuunnittelun, energiankäytön etävalvonnan, raportoinnin johtoportaalille, säännöllisen energiankulutuksen seurannan sekä laitteistojen tarkistukset. Tämä ohjelma voidaan räätälöidä loppukäyttäjien tarpeisiin yliopistoissa, terveydenhuoltolaitoksissa, liikekiinteistöissä ja hotelleissa.

Schneiderilla kiinnitetään rakennusten energiankulutuksessa huomiota erityisesti valaistukseen, johon käytetään jopa noin 40 % rakennuksen kuluttamasta energiasta. Kulutusta voidaan vähentää integroimalla kaikki valaistuksen hallintaan liittyvät osa-alueet: käytön tunnistus, himmennys, päivänvalotunnistus sekä verhojen ja kaihtimien ohjaus - joko keskitetyn hallintapaneelin tai jaetun järjestelmän kautta. Valaistuksen hallintaratkaisut voidaan myös integroida muiden rakennuksen järjestelmien, kuten ilmastoinnin, turvallisuuden ja palontunnistuksen kanssa. Integroinnin kautta saavutetaan etuja, joilla voidaan tehokkaasti vaikuttaa energiankulutukseen.

Taloautomaatio on toinen tärkeä osa-alue, sillä sen avulla rakennuksen energiankulutusta on mahdollista säätää älykkäästi kulloisenkin tarpeen mukaan. Taloautomaatiolla voidaan säätää rakennuksen valaistusta, lämmitystä ja ilmanvaihtoa siten, että niitä säädetään pienemmälle kuormitukselle tai ajetaan kokonaan alas sellaisilta alueilta, joilla ei ole ihmisiä.

Toisaalta rakennuksen kuormitusta voidaan säätää vuorokaudenajan mukaan, sillä yöllä tarvitaan normaalisti vähemmän energiaa kuin päivällä. Tässä voidaan käyttää myös ohjelmoitavaa termostaattia, mutta sillä ei voida säätää kuormitusta kovin joustavasti ja aggressiivisesti, vaan säätö on etukäteen aikataulutettu. Lämmitystä voidaan myös säätää mittaamalla sisä- ja ulkolämpötiloja, jolloin sisälämpötila lämmitetään aamulla sopivaksi, kun ihmiset heräävät tai tulevat töihin, mutta ei aikaisemmin, kuten keskellä yötä. Toisaalta lämmitystä voidaan hiljalleen pudottaa jo ennen kuin ihmiset menevät nukkumaan tai lähtevät töistä kotiin.

Erilaisia sensoreita voidaan kytkeä osaksi taloautomaatiota, jolloin niillä voidaan säätää ainakin valaistusta ja ilmanvaihtoa. Ihmisten läsnäolon havaitsevia sensoreita ovat esimerkiksi infrapuna- ja liiketunnistimet. Ilmanvaihdon säätämiseen voidaan asentaa CO<sub>2</sub>-tunnistimia, jotka kytkevät ilmanvaihdon päälle tai tehostavat sitä, kun sisäilman hiilidioksidipitoisuus nousee riittävän korkeaksi.

Liiketunnistimilla voidaan helposti kontrolloida valaistusta ja saavuttaa merkittäviä säästöjä. Seinän liiketunnistin sopii hyvin jälkiasennuksiin ja soveltuu pieniin tiloihin, kuten toimistoihin ja kopiointihuoneisiin. Seinän liiketunnistimella voidaan pienentää kulutusta 15–50 %. Sisäkaton liiketunnistin soveltuu suurempiin tiloihin, kuten vessoihin ja avokonttoreihin. Katon liiketunnistimen säästöpotentiaali on 30–90 %.

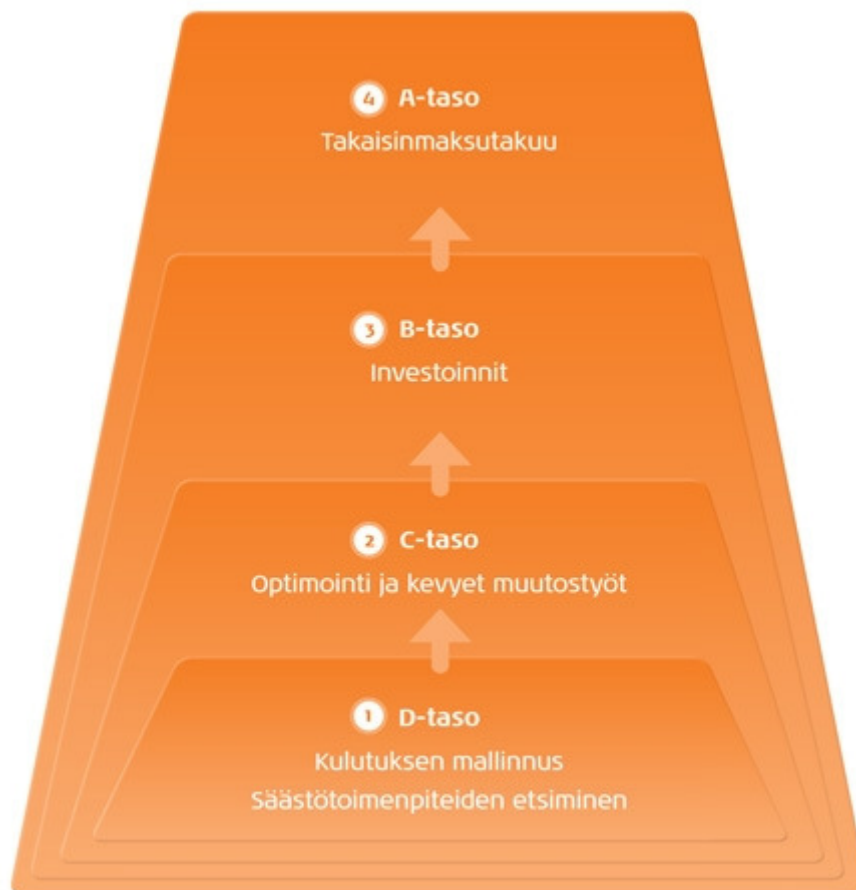
Suuriin avoimiin tiloihin on myös oma liiketunnistin, jota voidaan käyttää varastoissa, avoimilla julkisilla paikoilla ja parkkipaikoilla. Näin voidaan saavuttaa valaistuksen sähkönkulutuksessa säästöä 15–65 %. Erillisillä näppäimistöillä ja kosketusnäyttöillä käyttäjät voivat kytkeä ja himmentää valaistusta. Tähän voi yhdistää myös automaattisen säädön päivänvalolle, jota kannattaa hyödyntää etenkin ulkovalaistuksessa ja rakennuksen uloimmissa osissa. Säästöpotentiaali on 20–25 %.

[29]

Energiamittarointijärjestelmissä Schneiderin tavoitteena ei ole myydä pelkästään mahdollisimman paljon mittareita, vaan tehostaa asiakkaan toimintaa ja saavuttaa todellisia säästöjä. Mittaukset voidaan nykyään sisällyttää osaksi kohteen muita sähköjärjestelmiä, sillä esimerkiksi Schneiderin katkaisijoissa on myös kWh-mittaus. Schneiderin vahvuutena energiamittaroinnissa on kokonaisuuden hallinta, sillä kaikki laitteet ja laiteosaaminen löytyy samasta yrityksestä.

#### **7.1.4 Lemminkäinen Talotekniikka**

Lemminkäinen Talotekniikalla energiatehokkuuspalvelut toteutetaan asiakkaalle vaiheittain, ja ne on jaettu neljään eri tasoon A-D kuvan 25 mukaisesti.



Kuva 25. EYE-energiahuoltoa neljässä tasossa (energia, ympäristö ja elinkaari). [30]

Kiinteistön energihuollon toimenpiteet aloitetaan kulutuksen mallintamisella ja mahdollisten säästötoimenpiteiden kartoittamisella. Kuvan 25 mukaisesti D-tasolla kartoitetaan kiinteistön laitekanta ja arvioidaan alustavasti talotekniikan prosessien toiminta. Energiankulutus mallinnetaan ja etsitään konkreettiset säästötoimenpiteet. Lisäksi määritetään optimoinnilla ja kevyillä muutostöillä saavutettavat energiansäästöpotentiaalit, joiden takaisinmaksuaika on alle vuosi. Tässä vaiheessa myös selvitetään, paljonko kiinteistön nykyisestä laitekannasta on saatavissa energiansäästöä ilman, että investoidaan isompiin laitekokonaisuuksiin.

Mallintamisen yhteydessä löydetty säästötoimenpide-ehdotukset toteutetaan ja asiakkaalle lasketaan EYE-energiahuollon yhteydessä havaitut energiatehokkaat investointikohteet takaisinmaksuaikoinen. C-tasolla määritellään edellistä tasoa perusteellisemmin energiatase ja säästöpotentiaali toimenpide-ehdotuksineen. Samalla voidaan myös määrittää kiinteistön hiilijalanjälki ja tehdä vertailua vastaaviin kiinteistöihin. Pääsääntöisesti C-tason optimointitöiden takaisinmaksuaika on alle vuosi, joten investoinnit ovat hyvin pieniä. Pyrkimys on löytää niin paljon kustannustehokkaita, energiaa säästäviä optimointikohteita, että myös D-tason katselmoinnin kustannukset on kuoletettu vuodessa.

B-tasolla toteutetaan C-tasolla todetut kokonaisvaltaiset, parhaat ratkaisut ja investoinnit energian säästämiseksi asiakkaan kiinteistössä. Kun C-tasolla on säädetty olemassa



oleva talotekniikka optimaalisesti, voidaan niin haluttaessa siirtyä B-tasolle pohtimaan isompia investointeja edellyttäviä säästötoimenpiteitä. Näitä ovat esimerkiksi ilmanvaihtokoneiden uusiminen, lämmöntalteenoton rakentaminen ilmastointiin ja ylipäänsä entistä kehittyneempään automaatioon satsaaminen. Tässä vaiheessa esiin voi nousta myös lämmityksen energiamuodon vaihtaminen esimerkiksi maalämpöön tai pellettiin. Lemminkäisellä pyritään aina tarjoamaan asiakkaalle mahdollisimman kattavia kokonaisratkaisuja. Kiinteistön automaation taso nostetaan myös seuraavan A-tason vaatimusten mukaiseksi siten, että automaatiojärjestelmää on mahdollista valvoa ja hallita etänä.

Energiahuollon ylimmällä eli A-tasolla kiinteistön energiankäytön hallinta on siirretty täysin palveluntarjoajalle, joka valvoo kiinteistöttekniikan toimivuutta etänä. Mittarointi- ja etäluentapalveluissa Lemminkäinen ei toimita omia mittareita, vaan laitteet alihankitaan muilta toimittajilta.

A-tason asiakkaan kanssa solmitaan kohdekohtainen perushuoltosopimus, ja kiinteistö liitetään Lemminkäinen Talotekniikan valvomoon jatkuvan käytönläisen valvonnan ja tehostamisen takaamiseksi. Asiakkaan kanssa sovitaan yhteisesti energiankulutuksen raja-arvot ja Lemminkäinen Talotekniikka myöntää energiankulutukselle takaisinmaksutakuun. [30]

Lemminkäisen vahvuutena on laaja palveluvalikoima, joka kattaa kaikki palvelut energian- ja kiinteistönhallinnasta huolto- ja ylläpitopalveluihin. Lemminkäinen valvoo asiakkaan energiankulutusta etävalvontajärjestelmän avulla, mutta tekee myös esimerkiksi lumityöt.

### 7.1.5 YIT

YIT:n energiatehokkuustoiminta on rakentunut kiinteistöhallintaan kehitetyn Niagara-järjestelmän ympärille. Kuvassa 26 on näkymä Niagaran käyttöliittymästä. Niagara on avoin, Java-pohjainen tekninen alusta, johon voidaan integroida lähes kaikki kiinteistön LVISK-, turva-, kulunhallinta- ja ITC-järjestelmät yhdeksi toimivaksi käyttöliittymäksi. Integroitu YIT Niagara sisältää kiinteistön järjestelmien tehokkaan ohjauksen ja ajan tasalla olevan tiedonhallinnan, jolloin kiinteistön häiriötilanteet vähenevät ja tilojen käytettävyyden paranee. Avoin rakennusautomaatiojärjestelmä tarkoittaa sitä, että siihen voidaan yhdistää kaikki kiinteistön talotekniikkajärjestelmät yhdeksi helposti hallittavaksi kokonaisuudeksi.

Järjestelmällä pystyy hallitsemaan ja valvomaan kiinteistön energiankulutusta sekä hyödyntämään kiinteistöä saatavaa ajantasaista tietoa. Tallennettujen historiatietojen avulla voidaan analysoida kiinteistön suorituskykyä ja ennakoida huoltotoimenpiteitä. Erillisellä sopimuksella asiakas saa käyttöönsä myös nykyaikaiset valvomo- ja energianhallintapalvelut. Järjestelmää voidaan käyttää internetselaimen kautta niin paikan päällä kohteessa kuin internetin välityksellä etänä. Hallinta tapahtuu oman käyttöliittymän avulla tavallisen verkkoon liitetyn työaseman kautta ilman erityisiä käyttölisenssejä.

	Mittarilukema	Päivä	Viikko	Kuukausi	Vuosi
PK-PAA	6434246,0 KWh	-513044,4 KWh	-504122,6 KWh	-508505,7 KWh	54583,1 KWh
PK-5P1	378437,0 KWh	168,9 KWh	168,9 KWh	6880,4 KWh	33698,4 KWh
PK-6P1	1135173,8 KWh	519,0 KWh	519,0 KWh	17216,9 KWh	102044,5 KWh
PK-7P1	VARAUS	VARAUS	VARAUS	VARAUS	VARAUS
PK-8P1	1632668,0 KWh	433428,7 KWh	433428,7 KWh	433428,7 KWh	433428,7 KWh
PK-9P1	2387409,2 KWh	999,8 KWh	999,8 KWh	32524,2 KWh	283341,2 KWh
PK-10P1	111029,0 KWh	78,2 KWh	615,5 KWh	2350,0 KWh	3350,1 KWh
PK-11P1	116344,5 KWh	0,1 KWh	0,1 KWh	0,8 KWh	0,8 KWh
PK-12P1	9023,8 KWh	0,0 KWh	0,0 KWh	0,0 KWh	0,0 KWh
PK-13P1	VARAUS	VARAUS	VARAUS	VARAUS	VARAUS
PK-14P1	116344,5 KWh	0,1 KWh	0,1 KWh	0,8 KWh	0,8 KWh
PK-15P1	709296,9 KWh	487,2 KWh	487,2 KWh	10107,9 KWh	63361,1 KWh
PK-16P1	0,0 KWh	0,0 KWh	0,0 KWh	0,0 KWh	0,0 KWh

Kuva 26. YIT Niagaran mittarinäkymä kohteen sähköpääkeskuksesta.

Asuinrakennuksissa YIT Niagara ohjaa asunnon toimintoja ja säätää olosuhteita täysin automaattisesti. Kylmällä ilmalla lämmitys on voimakkaampaa ja lämpimällä ilmalla viilennys alkaa toimia. Järjestelmä antaa kuitenkin myös asukkaalle mahdollisuuden tehdä huonekohtaisia lämpötilan hienosäätöjä itse.

Asunnon ilmanvaihtoa voi itse säätää eteisessä olevan Niagara-säätimen avulla. Asukkaalla on mahdollisuus valita eri käyttötilanteiden mukainen ilmanvaihto säätimen asentoa muuttamalla. Säätimessä on neljä asentoa: Kotona-asento on perusasetus, jolla ilmanvaihto tehostuu automaattisesti lämpötilaohjauksen mukaan, Tehostus-asento tehostaa ilmanvaihtoa esimerkiksi saunomisen tai suihkussa käynnin jälkeen, Yö-asento estää ilmanvaihtokoneen kierrosnopeuden nousun lämpötilan noususta huolimatta, koska kierroksien nostaminen kasvattaa myös koneen melutasoa, ja Poissa-asento kytkee ilmanvaihdon minimille ja muuttaa lämmityksen sekä jäähdytyksen asetusarvoja. Poissa-asento kannattaa ottaa käyttöön pidempiaikaisen poissaolon ajaksi.

Huoneiden lämpötilaan voidaan vaikuttaa huonetiloissa sijaitsevilla säätimillä, josta asetetaan haluttu huonelämpötila. Säädin toimii termostaatin tavoin. Lämpötilan perusasetus on n. 22 °C, kun säätimen ohjauskiekko on vaakasuorassa asennossa. Huonelämpötilan asetusarvoa voidaan muuttaa ohjauskiekkolla  $\pm 2$  °C. Lämpötilasäädin ei ole tarkoitettu päivittäiseen käyttöön, vaan tarkoituksena on hakea pidempiaikaista asetusarvoa asukkaan mieltymysten mukaan. Lämpötilan mukautuminen uuteen lämpötila-asetukseen vie jonkin verran aikaa. [31]

YIT:n vahvuudet ovat samat kuin Lemminkäisellä. YIT pystyy toimittamaan asiakkaalle kokonaispalvelupaketin, johon sisältyvät kaikki mahdolliset kiinteistöpalvelut. YIT:n näkökulmasta energianhallinta on vain pieni osa asiakkaalle tarjottavaa palvelukokonaisuutta.

### 7.1.6 Suomen Talokeskus

Suomen Talokeskus on tuottanut kulutusseurantapalveluita kiinteistöille jo 30 vuoden ajan. Asiakaskiinteistöjä Talokeskuksen seurantajärjestelmässä on useita tuhansia, ja

palvelua on kehitetty jatkuvasti asiakkaiden tarpeiden mukaisesti. Kulutusseuranta voidaan toteuttaa tapauksesta riippuen joko manuaalisella mittarilukemaseurannalla tai automaattisella etäluennalla.

Kulutusten hallitsemisen perusedellytys on säännöllinen kulutustietojen seuranta. Kulutustietoja pitää myös käyttää aktiivisesti, jotta niistä olisi hyötyä. Tilastolliset tutkimukset osoittavat, että säännöllisesti kulutuksiaan seuraavien kiinteistöjen kulutukset ovat noin 10 % pienemmät kuin muilla kiinteistöillä.

Talokeskus hyödyntää tietojen keräämisessä ja seurannassa kehittämäänsä Tampuuri-kiinteistönhallintajärjestelmää, jonka käyttöliittymä näkyy kuvassa 27. Verkkoselaimella toimiva helppokäyttöinen palvelu näyttää kulutustiedot ja asiakas voi tulostaa palvelun kautta energiankulutuksen perusraportit ja kohteiden energiatodistukset. Asiakkaan käytössä on myös koko Talokeskuksen asiakaskunnan kulutustietoihin perustuvat vertailutiedot, joiden avulla omien kohteiden benchmarkkaaminen on helppoa.

The screenshot shows the 'Kulutusseuranta (v2)' window in the Tampuuri system. It displays a table of energy consumption data for various building types (Kiinteistöryhmät) from January to December 2012. The table includes columns for the month and the building type, and rows for different energy consumption categories. The data is presented in a grid format with a header row for the months and a sub-header row for the building types.

	Tammikuu 2012	Helmikuu 2012	Maaliskuu 2012	Huhtikuu 2012	Toukokuu 2012	Kesäkuu 2012	Heinäkuu 2012	Elokuu 2012	Syyskuu 2012	Lokakuu 2012	Marraskuu 2012	Joulukuu 2012
Biojäte sivutuote LK3												
Biopolttoainelaje												
Energialaje												
Jäähdytys	53	56	53	53	50	48	47	42	50	52	52	
Kaukolämpövesi	1938,3	2056,4	1493,3	1220,4	562,8	324,6	317,9	354,8	621,3	1145,9	1133,5	
Kiinteistölämpö	120992	103624	105516	103004	104772	106168	118104	118616	113896	119324	111512	108640
Kokonaisenergia tavoite	120992	103624	105516	103004	104772	106168	118104	118616	113896	119324	111512	108640
Kylmäenergia	62026	50254	49952	48458	49789	55248	65532	64477	60133	60063	54276	49431
Lasi												
Lämmitysenergia	118,4	134,6	92,8	75,2	32,4	18,1	17,3	17,5	36,1	69	68,7	
Metalli												
Muovi												
Muu jäte												
Myllyenergia	30841	26494	26675	27587	28881	27587	28236	29168	28268	30578	30027	29341
Pahvi												
Paperi												
Poltettava sekajäte												

Kuva 27. Kulutuslukemien seuranta Tampuuri-järjestelmässä.

Lämmitys on kerros- ja rivitaloissa suurin yksittäinen kuluerä noin 25–30 % osuudella kustannuksista. Usein lämmityskuluja vielä lisäävät erilaiset laiteviat ja käyttövirheet. Talokeskuksen tarkastuksissa selvitetään lämmityslaitteiden tekninen kunto, laitteiden hoito ja huolto, laitteiden toiminnan ja tavoitteiden vastaavuus sekä korjaus- ja uusimistarpeet.

Talokeskus tuottaa asuin- ja liikekiinteistöille monipuolisia teknisiä kiinteistönhallintapalveluita, joiden avulla huolehditaan kiinteistön kaikista ylläpitoon ja tekniikkaan liittyvistä asioista. Käytönseurannalla pyritään siihen, että kiinteistön järjestelmät toimivat varmasti, optimaalisesti ja energiataloudellisesti, jolloin voidaan saavuttaa merkittäviä, mitattavia säästöjä asiakkaan energiakuluissa. Teknisen hallinnan sisältö räätälöidään aina asiakkaan tarpeita vastaavaksi.

Energiakatselmuksessa kerätään kaikkien taloteknisten laitteiden tekniset tiedot, mm. lämmönsiirtimien, paisunta-astioiden, pumppujen, säätöventtiilien, toimilaitteiden, automaatiojärjestelmän, mittareiden, ilmanvaihtokoneiden- ja puhaltimien tekniikasta. Toimitilakiinteistöjen energiakatselmuksia tehdään Motivan mallin mukaisesti. Asuintaloille Talokeskus on kehittänyt oman katselmusmallin.

Ennen katselmusta suoritetaan kysely kiinteistöhoitoliikkeelle, isännöitsijälle ja asukkaille. Kyselyn perusteella valitaan 4-10 huoneistoa katselmukseen. Katselmoitavissa huoneistoissa mitataan mm. hetkellinen lämpötila oleskeluvyöhykkeeltä, ikkunoiden ja ovien piilien lämpötilat, seinien, ylä- ja alapohjan lämpötila, vesikalusteiden vesivirtaama, veden painetaso ja ilmanvaihdon ilmamäärät.

Kun rakennuksen energiatodistus laaditaan ensimmäistä kertaa, tulee ensin selvittää mm. rakennusten bruttopinta-ala, ostetun lämpöenergian määrä, kiinteistössä olevien lämpöpumppujen ja kiinteistösähkön kulutus. Ensimmäisen todistuksen huolellinen laatiminen vaatii muutaman päivän työpanoksen isännöitsijältä tai muulta asiantuntijalta. Kun energiatodistus on kerran laadittu, päivitetään todistus esimerkiksi kalenterivuositain toteutuneiden energiankulutustietojen perusteella.

Talokeskus on lisännyt rakennuksen energiatodistuksen laskenta- ja tulostustyökalun osaksi Tampuuria sekä KuluNet®-kulutusseurantapalveluaan. Näin kaikki kulutusseurantapalveluiden ja -ohjelmiston käyttäjät saavat käyttöönsä työkalun, jolla lain ja asetuksen vaatimukset täyttävä isännöitsijätodistuksen osana annettava rakennuksen energiatodistus saadaan laskettua ja tulostettua vaivattomasti. Talokeskuksen asiakkaat saavat ilman lisäkustannuksia energiatodistustyökalun käyttöönsä.

Tampuuri on laaja ja nopeasti kehittyvä kiinteistötietojärjestelmä. Se soveltuu kaikille kiinteistöalan toimijoille. Tampuurista löytyvät omat ratkaisut isännöitsijätoimiston, energianhallintayritysten, vuokratilayhteisöjen, kiinteistöjen suuromistajien, kuntien ja huoltoyritysten tarpeisiin. Tampuurilla on vahva markkina-asema erityisesti isännöintitoimistojen osalta. Tällä hetkellä isännöintitoimistoja on Talokeskuksen asiakkaina noin 140 kpl ja järjestelmissä on noin 40 000 isännöintiyritysten kohdetta.

Tampuurin vahvuutena on, että se on syntynyt kiinteistöhallinnon - ei taloushallinnon tarpeista. Selainpohjaisena Tampuurin käyttöönotto on helppoa ja nopeaa. Yksi yhteinen tietokanta sisältää kaiken, ja eritasoisten käyttöoikeuksien avulla siihen voidaan luoda erilaisia näkymiä eri toimijoille.

Tampuuri koostuu noin 35 eri moduulista, joista on paketoitu kiinteistöhallinnon tarpeisiin soveltuva kokonaisuus. Peruspakettia voidaan laajentaa tarpeiden mukaan, ja kasvupolku on aina olemassa.

Kiinteistöhallinnon peruspaketti voidaan jakaa kolmeen eri osa-alueeseen: teknisen isännöinnin moduulit, hallinnollisen isännöinnin moduulit sekä asiakasliittymät eli asukassivut, sähköinen palvelukanava ja CRM.

Teknisen isännöinnin sovellukset sisältävät kulutusseurannan itsepalveluversion, huollon ohjauksen, vikailmoitusten hallinnan, PTS-suunnitelmat sekä muita teknisen isännöinnin tarvitsemia toimintoja.

Hallinnollisen isännöinnin osalta isännöitsijä saa käyttöönsä osakasrekisterit, vastikereskontran, perinnän, lainahallinnan, isännöitsijätodistuksen sekä kokousten hallinnan.

Asiakasliittymien tarkoituksena on tarjota hallituksen jäsenille, asukkaille ja vuokralaisille näkymiä, joista he itse pääsevät näkemään taloyhtiön tietoja. Tietojen käsittelyn lisäksi he voivat saada tarvitsemiaan palveluja itsepalveluna ympäri vuorokauden. Se on asiakkuuden kannalta tärkeä lisäarvo. Tällä hetkelläkin suuri osa isännöitsijän viestinnästä tulee sähköpostitse - sähköisen palvelukanavan kautta viestit ovat valmiiksi jäsenneltyjä ja tarvittavat tiedot on aina syötetty. [32]

### 7.1.7 Ouman

Ouman Oy on vuonna 1988 perustettu älykästä ja helppokäyttöistä kiinteistöautomaatiota valmistava yritys. Ouman Oy on saavuttanut lämmönsäädön markkinajohtajuuden Suomessa. Oumanin menestyksen takana ovat asiakastarpeiden onnistunut täyttäminen, helppokäyttöisyys sekä tuotteiden tekninen edistyskellisyys ja luotettavuus.

Oumanin tuotevalikoimasta löytyy lämmönsäädön lisäksi säätöjärjestelmiä kaikentyyppisiin ilmastointiratkaisuihin sekä erilaisiin kiinteistöjen ohjaus- ja valvontatarpeisiin. Yrityksen omaan tuotekehitys- ja tuotanto-ohjelmaan kuuluvat säätö- ja ohjausjärjestelmien lisäksi erilaiset lämpötilan mittausanturit. Ouman toimii myös läheisessä yhteistyössä alan johtavien laitevalmistajien, kuten lämmönvaihdon-, ilmastointikoje- ja maalämpöpumppuvalmistajien kanssa.

Rakennusautomaatio on Oumanille erittäin tärkeä liiketoiminta-alue. Ouman on kehittänyt ja tuottanut jo yli 15 vuoden ajan tuotteita ja palveluita erikokoisten asuin- ja liikekiinteistöjen sekä julkishallinnon kiinteistöjen hallintaan. Alalla nykyisin vallitseva piirre ja järjestelmien ominaisuus on niiden etähallittavuus. Rakennusautomaation tuotteilla voidaan esimerkiksi säätää lämpökeskuksissa kiinteistön ja käyttöveden lämmitystä. Rakennusautomaatiolla on mahdollista myös säätää kiinteistön muita taloteknisiä ohjauksia ja valvontaa, kuten valaistusta, lukitusta, saunaa, ilmanvaihtoa ja kulutusseurantaa.

Ouman LUX on ulko- ja katuvalojen ohjaukseen tarkoitettu järjestelmä. Järjestelmän avulla ulko- ja katuvaloja ohjataan älykkään automaation avulla. Järjestelmän hallinta voidaan tehdä internetselaimella mistä ja milloin tahansa. Ulko- ja katuvaloja ohjataan älykkäästi valoisuuden ja/tai aikaohjelmien mukaan. Eri alueita ja ryhmiä voidaan sammuttaa ja himmentää erikseen, jolloin säästetään energiaa ja lamppujen käyttöikä pitenee merkittävästi.

Kilpailevissa järjestelmissä valoisuuden mittaus toteutetaan usein yhdestä paikasta, yhdellä valoisuusanturilla. Ouman LUX keskuksat ovat aina itsenäisiä yksiköitä, jotka toimivat ilman tiedonsiirtoyhteyksiä eri kohteisiin. Tämä tuo selvää säästöä käyttöönotossa ja etenkin elinkaaren aikana syntyvissä tietoliikennekuluissa.

Vaikka Ouman LUX -järjestelmät toimivat täysin itsenäisesti, niitä voidaan hallita tietokoneen ja matkapuhelimen avulla mistä ja milloin tahansa. Ouman LUX -järjestelmän käyttömaksu sisältää tietoverkon käyttöoikeuden sekä selainpohjaisen valvontapalvelun. Käyttäjien määrää ei ole järjestelmässä rajoitettu. Ouman LUX on käytössä esimerkiksi Vaalan ja Utajärven kunnissa, joissa järjestelmällä hoidetaan katuvalojen ohjaus ja ulkoliikunta-alueiden valaistuksen ohjaus.

Ouman AQUA on käyttäjälähtöinen ja suomenkielinen ohjaus- ja valvontajärjestelmä, joka liittää vesihuollon verkostot yhdeksi helposti hallittavaksi kokonaisuudeksi. Ouman AQUA ei vaadi erillisen valvomon hankintaa, koska se sisältää selainpohjaisen hallinta- ja valvontapalvelun vakiona. Järjestelmä sisältää myös langattoman tietoverkon käyttöoikeuksineen. Ouman AQUA on suunniteltu massaräätälöitäväksi tuotteeksi, joten se mukautuu erikokoisiin kohteisiin ja on hankintahinnaltaan kilpailukykyinen.

Ouman AQUA on käytössä esimerkiksi seuraavissa kohteissa: Vaalan kunnan Säräisniemen vedenottamo, Vihannin Vesi Oy:n Sivulan vedenottamo, Oulun Veden Vepsänkankaan mittausasema, Meri-Lapin Vesi Oy:n Petäjämaan vedenottamo, Vihannin Vesi Oy:n Lampinsaaren jätevesipumppaamo ja Oulun Veden Vepsänkankaan vedenottamo. [33]

### 7.1.8 Mitox

Mitox Oy:n toiminta käynnistyi 1.1.2005. Yhtiön omistaja on Helsingin kaupunki. Mitox on asiantuntija energianmittaus- ja etäluentaratkaisuihin. Yritys on energianmittausalalla tunnettu laaja-alainen palveluntarjoaja Suomessa.

Mitoxin ydinsäätö perustuu pitkäaikaiseen kokemukseen Helsingin Energian energiamittaus- ja etäluentaratkaisujen toteuttamisessa. Yritys tarjoaa energiamittausalan koko toimintaketjun erityisosaamista 100 ammattilaisen voimin laajoina palvelukokonaisuuksina energia-alan yritysten sekä kiinteistöalan toimijoiden käyttöön. Mitox huolehtii muun muassa monien energiayritysten asiakkaiden energiamittauksesta ja -luennasta tai kiinteistöjen mittarikannan ylläpidosta.

MeMe (MultienergyMetering) on Mitox Oy:n energiamittauskonsepti, jossa eri energiamuotojen sekä veden mittaus tiedot siirretään yhdellä laitteistolla ja tiedonsiirtokanavalla. Konseptin avoin arkkitehtuuri mahdollistaa energiamittauskomponenttien valinnan eri laitevalmistajilta, joten se ei ole riippuvainen vain yhden toimittajan tuotteista. Mitoxilta löytyy MeMe-ratkaisu sekä energiayrityksille että kiinteistöasiakkaille.

MELT on Mitoxin palveluratkaisu asiakkaalle, joka on ulkoistanut mittauksiin liittyvät toimintonsa. Yhden helppokäyttöisen käyttöliittymän kautta asiakas voi käyttää ja hallita useita eri tietojärjestelmiä. MELT-palveluiden kivijalkana toimii alun perin Mitoxin omaan käyttöön kehitetty tuotannonohjaussovellus. Sen ominaisuuksiin kuuluvat muun muassa mittauksen tehtävien hallinta, lukemien selailu ja tulostus, sähkömittarien etäkytkentä ja -katkaisu, ad hoc -luenta sekä sovittuihin palveluihin liittyvät raportit, kuten lukemien saatavuus- ja oikeellisuustiedot sekä sopimuksettomien käyttöpaikkojen kulutuksesta kertovat raportit.

WEA on Mitoxin kiinteistöasiakkailleen tarjoama mittauslukemien web-raportointipalvelu. WEA:n avulla on mahdollista selata esimerkiksi yhden kiinteistön MeMe-konseptin mukaisia eri energiamuotojen mittauslukemia. [34]

### 7.1.9 Fidelix

Fidelix Oy on perustettu vuonna 2002. Yrityksen avainhenkilöillä on noin 20 vuoden kokemus automaation alalta. Fidelix Oy on voimakkaasti kasvava kotimainen rakennusautomaatio- ja turvajärjestelmiä kehittävä ja myyvä yritys. Fidelixin palveluksessa Suomessa on 60 henkilöä ja liikevaihtoa oli vuonna 2011 noin 10 M€. Pääkonttori sijaitsee Vantaan Varistossa ja aluekonttorit Turussa, Tampereella, Oulussa, Joensuussa, Vaasassa sekä Kokkolassa.

Fidelixin tekniikka on avointa, ja palvelukonsepti perustuu internetin ja selaimen käyttöön. Merkittävä osa yrityksen tuotteista menee vientiin. Fidelixin asiakkaita ovat muuan muassa A.A.Palmberg, Ilmarinen, Lemcon, NCC, Sponda, SRV sekä Helsingin, Espoon, Lohjan, Hyvinkään ja Joensuun kaupungit.

Fidelix Oy:n taloautomaatiojärjestelmä antaa tehokkaan työkalun talotekniikan ylläpitoon ja seurantaan. Sen avulla voidaan saavuttaa kustannussäästöjä energiankulutuksessa ja parantaa sisäilman laatua. Automaatiojärjestelmän avulla luodaan myös miellyttävä sisäympäristö, jossa viihdytään ja työskennellään tehokkaasti. Järjestelmä voidaan toimittaa niin uudis- kuin saneerauskohteisiin sekä erikokoisiin ja erityyppisiin rakennuksiin. Järjestelmä on helppokäyttöinen ja perustuu uusimpaan tekniikkaan, kuten internet-yhteensopivuuteen ja selainpohjaiseen käyttöliittymään.

Fidelix FX-Net antaa mahdollisuuden integroida rakennusautomaatio- ja turvajärjestelmät. Näin voidaan hyödyntää älykkään rakennuksen tuomat edut ja säästöt. Esimerkiksi kulunvalvonnan tieto henkilön saapumisesta työpaikalle käynnistää määrätyn rakennusosan ilmastoinnin ja sytyttää valot. Entistä tarkempi tarpeenmukainen kiinteistötekniikan ohjaus säästää energiaa, kun järjestelmiä ei pidetä turhaan päällä.

Fidelix FX-Net murto- ja kulunvalvontajärjestelmän ala-asema FX-2020 on vakuutusyhtiöiden hyväksymä A-luokan rikosilmoitinkeskus, johon voidaan joustavasti liittää tallentava kameravalvonta, aikainen palonilmaisu sekä henkilöturva. Laitteiston operointi ja valvontamateriaalin tarkastelu tapahtuu vaivattomasti ja turvallisesti web-selaimella, nykyaikaisia luotettavia IT- ja tietoturvaratkaisuja hyödyntäen.

Fidelix FX-Net voidaan aina laajentaa integroiduksi järjestelmäksi, vaikka se olisi aluksi rakennettu itsenäiseksi rakennusautomaatio- tai turvajärjestelmäksi. [35]

## 7.2 Markkinatilanne

Vihreän teknologian ja cleantechin painoarvo Suomen yritys kentässä on selkeästi noussut viime vuosina, ja suunta on yhä edelleen ylöspäin. Alan yritysten määrä on kasvamassa, sillä markkinoille tulee jatkuvasti uusia aloittavia yrityksiä, mutta myös suuremmat, aiemmin puhtaasti kiinteistöhuoltoon ja –ylläpitoon keskittyneet yritykset ovat kiinnostuneet laajentumaan uudenlaiseen liiketoimintaan. Edellisessä luvussa esitellyt yhdeksän yritystä ovat siten vain jäävuoren huippu kaikista energiatehokkuuden markkinoilla toimivista kymmenistä tai jopa sadoista yrityksistä.

Edellisessä luvussa kuvatut yritykset ovat lähestyneet energiatehokkuutta omista lähtökohdistaan riippuen pitkälti siitä, miten niiden tuotteet palvelevat asiakkaan energiatehokkuuden kehittämistä parhaiten. Selkeästi eroteltavia markkinasegmenttejä ovat energianhankintapalvelut, energiakatselmustoiminta ja asiantuntijapalvelut, energiamittausjärjestelmät ja niiden etäluentasovellukset, erilaiset tietokannat sekä niihin sisältyvät kulutusseuranta- ja kiinteistönhallintajärjestelmät, rakennusautomaatio ja siihen liittyvät sovellukset sekä kaikkien näiden yhdistelmät.

Energianhankinta on olennaisena osana etenkin Energiakolmion ja Skapat Energian palvelutarjontaa. Hankinnan lisäksi Energiakolmio tarjoaa kulutusseuranta- ja etäluentapalveluita asiakkaille, ja Skapat energiakatselmuksia ja asiantuntijapalveluja. Muita energiakatselmusten ja asiantuntijapalveluiden tarjoajia ovat Schneider Electric, Lemminkäinen Talotekniikka ja Suomen Talokeskus. Energiamittausjärjestelmiä ja etäluentaa hyödyntävät keskeisenä työkaluna Mitox, jo aiemmin mainittu Energiakolmio, Schneider Electric ja Suomen Talokeskus. Omat tietokantansa energiankulutuksen hallintaan ja seurantaan ovat kehittäneet Energiakolmio, Schneider Electric, YIT ja Suomen Talokeskus. Rakennusautomaatiojärjestelmän ympärille oman konseptinsa ovat rakentaneet Ouman, Fidelix ja YIT.

Edellisen kappaleen kategorisen jaottelun perusteella voidaan todeta, että jokaisessa energiatehokkuuden markkinasegmentissä on vähintään kaksi kilpailevaa yritystä. Toisaalta tässä työssä tarkasteltiin vain suppeasti Suomen energiatehokkuuden markkinoilla toimivia yrityksiä, joten todellisuudessa kilpailua on paljon enemmän.

Alueellisen kilpailutilanteen tarkastelussa voidaan havaita, että kilpailevia yrityksiä on luonnollisesti eniten pääkaupunkiseudulla ja muissa suurissa kaupungeissa, joissa markkinat ovat suurimmat. Monilla tarkastelluista yrityksistä on kuitenkin toimintaa myös keskikokoisissa kaupungeissa – joillakin yhteistyötä ja liiketoimintaa on jopa pienten kuntien tasolla.

Suomen energiatehokkuusmarkkina on selkeästi vielä kehitysvaiheessa. Tämä näkyy etenkin siinä, että tuotteiden ja palveluiden hinnat sekä käytössä olevat hinnoittelumallit ovat vielä kirjavia. Todennäköisesti markkinoiden myöhemmässä vaiheessa käytännöt tulevat yhtenäistymään nykyistä enemmän.



## 8 Yhteenveto

Maapallon keskilämpötila nousee jatkuvasti CO<sub>2</sub>-päästöjen lisääntyessä, mikä voi aiheuttaa tulevaisuudessa katastrofaaliset seuraukset, ellei mitään tehdä. Energiankulutusta tai ainakin sen kasvua pitäisi leikata nopeasti, ja energiatehokkuuden parantaminen on luultavasti poliittisesti helpoin ratkaisu CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentämiseksi, sillä globaalin päästösopimuksen hyväksyminen lähitulevaisuudessa näyttää erittäin epätodennäköiseltä. Energiatehokkuuteen panostaminen on myös kaikkein kustannustehokkain keino, koska rahallinen panostus tuo myös rahallisia säästöjä.

Investointeja ei kuitenkaan kannata tehdä sattumanvaraisesti, vaan aluksi pitäisi tutkia tarkasti, mihin panostamalla saavutetaan suurimmat säästöt. Rakennusten energiatehokkuusinvestointeja kannattaa suunnitella energiamittaroinnin tuottaman tiedon pohjalta, sillä mittarointi on ainoa tapa saada riittävän luotettavaa tietoa investointipäätösten tueksi.

Kun energiatehokkuusinvestointeja suunnitellaan, on tärkeää tietää, mihin rakennuksen energia kuluu. Rakennuksen sähkön, lämmön ja veden päämittaukset kertovat kokonaisenergiankulutuksen, mutta päämittauksen avulla ei saada mitään tietoa rakennuksen sisäisistä kulutuspisteistä. Toisaalta rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen perusteella ei voida myöskään suoraan sanoa, onko rakennus tehokas vai tehoton, sillä rakennustyyppi sekä rakennuksen koko ja käyttötarkoitus vaikuttavat kaikki kokonaiskulutukseen.

Mittaroinnin avulla voidaan kuitenkin selvittää, onko rakennuksessa säästöpotentiaalia vai ei. Kun potentiaalisimmat säästökohteet saadaan selvitettyä, voidaan niihin suunnitella ja kohdistaa tarkkoja säästötoimenpiteitä. Säästötoimenpiteiden tulisi maksaa itsensä takaisin riittävän lyhyessä ajassa, jotta säästöjen toteuttamiseen halutaan investoida.

Säästötoimenpiteiden toteutuksen jälkeen energiamittarointijärjestelmää tarvitaan säästöjen todentamiseen, jotta energiatehokkuuden kehittäminen ei jää pelkästään puheiden tasolle. Säästöjen konkretisoiminen on tärkeää myös kiinteistön omistajalle, jotta omistaja tietää tehneensä kannattavia investointeja ja tekee niitä myös jatkossa.

Energiamittarointijärjestelmä on tärkeä myös siinä mielessä, että saavutetut säästöt pystytään säilyttämään pitkällä tähtäimellä eikä kulutus ryömi hitaasti takaisin alkuperäiseen. Tämä on todellinen vaara, jos energiatehokkuuden ylläpitäminen jää vain käyttäjien vastuulle eikä valvovaa mittarointia ole käytössä.

Energiamittarointi hyödyttää rakennusten kanssa työskenteleviä ihmisiä, sillä mittarointi tuottaa tarpeellista tietoa niin kiinteistöpäällikön, käyttäjien, controllerien, laskuttajien kuin kiinteistöhallinnon käyttöön. Tulevaisuudessa kehittyntä mittarointia tarvitaan entistä enemmän energiankulutuksen dynaamisia hintaohjauksia, piikkikulutuksen leikkausta ja sähkön pientuotantoa varten.

Lisäksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D3 on edellyttänyt 1.7.2012 lähtien lähes kaikilta uudisrakennuksilta lämpimän käyttöveden kulutuksen mittausta sekä ilmanvaihto-, jäähdytys- ja valaistusjärjestelmien sähkönkulutusten mittauksia. Myös nollaenergia- ja plusenergiarakentaminen vaativat erittäin kattavan mittaroinnin.

Schneider Electricin kehittämä SEMS-energianhallintajärjestelmä vastaa kasvavaan mittarointitarpeeseen. SEMS tekee mittaroinnista helpon ja yksinkertaisen toteuttaa mihin tahansa olemassa olevaan tai uuteen rakennukseen. Holiday Club Saariselälle asennettu SEMS-järjestelmä tuottaa henkilökunnalle aiempaa tarkempaa tietoa kylpylähotellin käyttäytymisestä erilaisissa tilanteissa. Saariselän SEMS-järjestelmää on myös mahdollista laajentaa tulevaisuudessa.

Suomessa energiatehokkuus ja cleantech ovat kasvavia markkinoita, joten viime vuosina alalle on syntynyt ja siirtynyt monia uusia yrityksiä. Monilla yrityksillä on kilpailevia tuotteita ja palveluja, kuten energianhankintapalvelut, energiakatselmustoiminta ja asiantuntijapalvelut, energiamittausjärjestelmät ja niiden etäluentasovellukset, erilaiset tietokannat sekä niihin sisältyvät kulutusseuranta- ja kiinteistönhallintajärjestelmät, rakennusautomaatio ja siihen liittyvät sovellukset sekä kaikkien näiden yhdistelmät. Tulevaisuuden kasvunäkymät vaikuttavat hyviltä ja todennäköisesti alan painoarvo myös Suomen viennistä tulee kasvamaan.

## Viitteet

- [1] Wilhelms, T. Energiateollisuus ry. Tilasto kaukolämmön reaalihinnan ja keskihinnan kehityksestä 1/1981-1/2011. 3.3.2011.
- [2] Energiamarkkinavirasto. Tilasto kotitalouskuluttajan ja sähkölämmittäjän verollisen sähkön kokonaishinnan reaalisesta kehityksestä 1/1993-1/2011.
- [3] Taiponen, A. Schneider Electric Finland Oy. Haastattelu 14.6.2011.
- [4] Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto. 2011. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3 Rakennusten energiatehokkuus. S. 1-35.
- [5] Motivan energiakatselmoijien peruskurssi 15.-17.11.2011.
- [6] Kuronen, K. & Vattulainen T. 2009. Controllerin työnkuva. Kandidaatintyö. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknistaloudellinen tiedekunta, Tuotantotalouden osasto. S. 30.
- [7] Motivan tiedote 30.3.2011. Viitattu 31.5.2011. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/ajankohtaista/muut\\_tiedotteet/2011/?3722\\_m=3864](http://www.motiva.fi/ajankohtaista/muut_tiedotteet/2011/?3722_m=3864).
- [8] Pulakka, S., Heimonen, I., Junnonen, J.-M. & Vuolle, M. 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. VTT Tiedotteita 2409. Espoo 2007.
- [9] Hellsten, J. Määritelmäviidakko. Matalaenergia-, passiivi-, nolla- ja plusenergiatalo. Rakennuslehti, 2.10.2008, 2008. Nro 30, s. 17. Viitattu 17.10.2011. Saatavissa: <http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/lehtiarkisto/14524.html>.
- [10] Osuuskunta Suomen Asuntomessut. Verkkodokumentti. Viitattu 17.10.2011. Saatavissa: <http://www.asuntomessut.fi/m-ntyharju-2011/kivitasku-150>.
- [11] Rejlers Oy. Verkkodokumentti. Viitattu 17.10.2011. Saatavissa: <http://www.rejlers.fi/ajankohtaista.php?id=60>.
- [12] Suur-Savon Sähkö Oy. Verkkodokumentti. Viitattu 18.10.2011. Saatavissa: <http://www.sssoy.fi/Uutiset/432>.
- [13] Härkönen, P. Sähköinfo Oy. Haastattelu 4.8.2011.
- [14] Sähkötieto ry. Verkkodokumentti. Viitattu 31.1.2013. Saatavissa: <http://www.sahkotieto.fi/index.php?k=14974>.
- [15] Schneider Electric tuotekatalogi 2011. PowerLogic System.
- [16] Valtioneuvoston asetus sähköntoimitusten selvityksestä ja mittauksesta. Annettu Helsingissä 5.2.2009.

- [17] Energiateollisuus ry. Verkkodokumentti. Viitattu 28.1.2013. Saatavissa: <http://www.energia.fi/koti-ja-lammitys/kaukolammitys/kaukolammonmittaus>.
- [18] Knuuttila, K. Tarkka vesimittari kertoo totuuden. Verkkodokumentti. Viitattu 29.1.2013. Saatavissa: <http://www.editori.fi/syyskuu-2011/yrityskortit-syyskuu-2011/tarkka-vesimittari-kertoo-totuuden/>.
- [19] Motiva Oy. Verkkodokumentti. Viitattu 9.1.2013. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/julkinen\\_sektori/energian kayton\\_tehostaminen/kiinteistojen\\_energianhallinta/kulutuksen\\_normitus/laskukaavat\\_lammin\\_kayttovesi](http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi).
- [20] Mäyry, J. Metos Oy. Puhelinhaastattelu 9.1.2013.
- [21] Schneider Electric. EGX300-esite, s. 1. 4/2009. Viitattu 27.10.2011. Saatavissa: [http://www.powerlogic.com/literature/EGX300\\_3000BR0902R409Web.pdf](http://www.powerlogic.com/literature/EGX300_3000BR0902R409Web.pdf).
- [22] Tutorial-Reports. ZigBee Characteristics. Verkkodokumentti. Viitattu 11.8.2011. Saatavissa: <http://www.tutorial-reports.com/wireless/zigbee/zigbee-characteristics.php>.
- [23] ZigBee Alliance. Verkkosivut. Viitattu 16.8.2011. Saatavissa: <http://www.zigbee.org/>.
- [24] Rantala, J. Sensoriverkot älykkäissä ympäristöissä. Harjoitustyö, Tampereen teknillinen yliopisto, Elektroniikan laitos, Tampere, 2007.
- [25] IEEE. Busy as a ZigBee. Verkkodokumentti. Viitattu 15.8.2011. Saatavissa: <http://spectrum.ieee.org/computing/networks/busy-as-a-zigbee>.
- [26] Energiakolmio Oy. Verkkosivut. Viitattu 2.6.2011. Saatavissa: <http://www.energiakolmio.fi>.
- [27] Jokilahti, M. Energiakolmio Oy. Haastattelu puhelimitse ja sähköpostitse 9.6.2011.
- [28] Skapat Energia Oy. Verkkosivut. Viitattu 6.6.2011. Saatavissa: <http://www.skapat.fi>.
- [29] Schneider Electric Finland Oy. Verkkosivut. Viitattu 8.6.2011. Saatavissa: <http://www.schneider-electric.fi/sites/finland/fi/tuotteet-palvelut/Buildings/buildings.page>.
- [30] Lemminkäinen Oyj. Verkkosivut. Viitattu 13.6.2011. Saatavissa: [http://www.lemminkainen alote kniikka.fi/fi/Palvelut/Huolto\\_ja\\_yllapito/EYE-energiahuolto/Energiahuolto\\_neljassa\\_tasossa](http://www.lemminkainen alote kniikka.fi/fi/Palvelut/Huolto_ja_yllapito/EYE-energiahuolto/Energiahuolto_neljassa_tasossa).
- [31] YIT Oyj. Verkkosivut. Viitattu 15.6.2011. Saatavissa: [http://www3.yit.fi/yit\\_fi/Kiinteistotekniikka/kiinteiston\\_tekniikka\\_turvallisuus](http://www3.yit.fi/yit_fi/Kiinteistotekniikka/kiinteiston_tekniikka_turvallisuus).

- [32] Suomen Talokeskus Oy. Verkkosivut. Viitattu 17.6.2011. Saatavissa: <http://www.talokeskus.fi/tampuuri/>.
- [33] Ouman Oy. Verkkosivut. Viitattu 6.7.2011. Saatavissa: <http://www.ouman.fi/fi/rakennusautomaatio/>.
- [34] Mitox Oy. Verkkosivut. Viitattu 8.7.2011. Saatavissa: <http://www.mitox.fi>.
- [35] Fidelix Oy. Verkkosivut. Viitattu 8.1.2013. Saatavissa: <http://www.fidelix.fi/index.php>.

## Liitteet

### Liite A

#### Motivan tilastot eri kiinteistötyyppien energian ominaiskulutuksista

Motivan tilastojen perusteella eri kiinteistötyyppien energian ominaiskulutusta voidaan verrata sähkön, lämmön ja veden osalta. Kussakin kiinteistötyypissä ominaiskulutuksen mediaaniarvoa kannattaa käyttää vertailussa.

Taulukko A1. Sähkön ominaiskulutukset eri kiinteistötyypeillä.

#### SÄHKÖ

Kohteet vuosilta 2000-2007, 1688 kohdetta

Tyyppi	Kohteita	Tilavuus 1000 m <sup>3</sup>	Sähkö - ominaiskulutus (kWh/r-m <sup>3</sup> )									
			Ennen energiakatselmusta									
			Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max	
TK 1994	kpl											
11 Myymälärakennukset (pois lukien Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset)	87	3 475	3,4	8,0	10,2	15,5	<b>30,8</b>	49,1	75,0	91,5	176,3	
112 Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset	62	4 843	5,3	7,4	8,4	14,7	<b>30,0</b>	51,7	60,5	71,6	221,0	
12 Majoitusliikerrakennukset	14	421	2,2	4,3	6,9	20,4	<b>31,4</b>	43,7	50,3	55,2	62,0	
13 Asuntolarakennukset	13	66	8,8	9,0	9,1	9,4	<b>16,5</b>	18,1	23,3	24,8	26,2	
14 Ravintolat	4	60	2,4	7,4	12,4	27,4	<b>40,6</b>	47,7	51,7	53,1	54,4	
15 Toimistorakennukset (kaikki)	338	12 885	4,9	7,7	9,4	15,3	<b>23,4</b>	32,8	49,5	63,2	200,1	
15 Toimistorakennukset, julkinen palvelusektori	40	942	5,9	8,5	9,8	12,2	<b>17,1</b>	23,4	27,7	33,5	103,6	
15 Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	279	11 141	4,9	7,7	9,3	15,7	<b>23,9</b>	32,9	48,2	59,3	200,1	
16 Liikenteen rakennukset	20	1 036	2,9	5,1	6,1	14,2	<b>17,9</b>	26,7	38,0	51,6	195,9	
21 Terveystieteiden rakennukset (pois lukien Terveyskeskukset ja -asemat)	48	2 882	11,0	15,0	16,8	19,5	<b>25,2</b>	33,0	41,0	42,7	60,5	
214 ja 219 Terveyskeskukset ja -asemat	28	362	11,1	14,3	14,4	20,1	<b>24,0</b>	28,5	38,3	45,4	49,3	
22 Huoltolaitosrakennukset (pois lukien Vanhainkodat)	26	140	5,6	7,1	7,9	11,0	<b>16,9</b>	24,9	37,1	51,3	55,9	
221 Vanhainkodat	30	516	11,1	13,7	18,0	22,0	<b>24,8</b>	29,4	33,4	34,0	36,3	
23 Muut sosiaalitoimen rakennukset (pois lukien Päiväkodit)	16	140	11,1	14,4	15,7	17,5	<b>22,9</b>	26,6	29,8	34,2	45,0	
231 Päiväkodit	107	397	5,5	10,9	13,5	16,1	<b>19,7</b>	23,3	25,7	31,4	44,8	
31 Teatteri- ja konserttirakennukset	9	531	6,4	8,2	10,0	11,6	<b>15,0</b>	18,1	19,7	20,9	22,1	
32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	21	271	5,0	8,7	12,5	15,1	<b>19,7</b>	24,0	25,3	25,4	37,7	
33 Seura- ja kerhorakennukset	21	113	2,0	3,4	4,5	6,4	<b>10,8</b>	15,3	32,7	33,0	105,6	
34 Uskonnonlaitosten rakennukset	24	279	2,7	3,2	3,7	8,2	<b>10,8</b>	18,6	24,7	27,6	28,5	
35 Urheilu- ja kuntolaitosrakennukset (pois lukien Jää- ja uimahallit)	25	787	4,2	6,2	7,1	9,3	<b>15,4</b>	23,8	46,5	70,7	192,5	
351 Jäähallit	8	463	2,7	9,5	16,2	26,9	<b>33,5</b>	65,7	69,7	72,6	75,5	
352 Uimahallit	20	489	14,8	19,1	22,0	26,4	<b>39,9</b>	51,7	69,1	90,8	107,1	
36 Muut kokoontumisrakennukset	10	145	9,3	10,1	10,9	14,3	<b>22,1</b>	23,4	28,5	45,4	62,4	
51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	294	5 543	0,7	6,5	7,4	9,3	<b>11,8</b>	14,4	17,9	20,5	66,0	
52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	57	1 745	5,9	9,2	10,7	12,8	<b>15,5</b>	21,0	28,7	32,9	35,5	
53 Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset	8	357	8,2	10,1	12,0	17,2	<b>18,4</b>	31,0	34,4	37,6	40,8	
54 Muut opetusrakennukset	9	138	3,7	5,4	7,0	11,2	<b>12,3</b>	13,5	15,1	16,4	17,7	
71 Varastorakennukset	22	2 457	3,9	8,0	9,2	13,2	<b>15,5</b>	21,4	23,5	24,4	37,9	
72 Palo- ja pelastustalon rakennukset	41	987	2,8	4,5	5,8	7,6	<b>11,1</b>	17,0	24,5	27,6	48,0	
89 Muut maatalousrakennukset	4	291	5,9	6,4	7,0	8,7	<b>11,5</b>	33,6	70,0	82,1	94,2	
93 Muut rakennukset	3	241	4,5	10,3	16,1	33,4	<b>62,3</b>	62,7	63,0	63,1	63,2	

Taulukko A2. Lämmön ominaiskulutukset eri kiinteistötyypeillä.

## LÄMPÖ

Kohteet vuosilta 2000-2007, 1688 kohdetta

Tyyppi	Kohteita kpl	Tilavuus 1000 m <sup>3</sup>	Lämpö - ominaiskulutus (kWh/r-m <sup>2</sup> )									
			Ennen energiakatselmusta									
			Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max	
TK 1994												
11 Myymälä- ja tavaratalot, kauppakeskukset	87	3 475	8,6	12,1	14,2	22,1	<b>28,6</b>	39,2	55,8	61,4	94,1	
112 Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset	62	4 843	12,2	14,6	15,9	19,3	<b>26,2</b>	41,1	59,1	72,1	158,6	
12 Majotusliikennepaikat	14	421	30,2	44,4	52,2	58,1	<b>63,6</b>	77,6	85,3	92,6	104,4	
13 Asuntolien rakennukset	13	66	25,9	26,0	26,1	38,2	<b>39,8</b>	62,1	67,3	70,9	75,5	
14 Ravintolat yms.	4	60	14,0	18,5	23,0	36,4	<b>46,1</b>	57,4	73,6	79,0	84,4	
15 Toimistorakennukset (kaikki)	338	12 885	8,3	17,3	19,8	25,9	<b>34,8</b>	43,6	53,7	62,4	158,8	
15 Toimistorakennukset, julkinen palvelusektori	40	942	15,1	19,5	22,0	30,8	<b>40,0</b>	46,6	55,6	57,9	68,7	
15 Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	279	11 141	8,3	17,4	19,8	25,6	<b>33,8</b>	43,0	51,1	58,9	85,5	
16 Liikenteen rakennukset	20	1 036	8,3	9,0	16,6	22,6	<b>31,7</b>	53,0	77,9	87,3	96,9	
21 Terveystieteiden rakennukset (pois lukien Terveystieteiden ja -asemat)	48	2 882	24,1	27,1	33,5	45,8	<b>58,1</b>	67,4	83,8	104,1	154,0	
214 ja 219 Terveystieteiden ja -asemat	28	362	30,4	31,9	34,9	47,1	<b>57,9</b>	67,4	77,2	80,1	82,6	
22 Huoltolaitosten rakennukset (pois lukien Vanhainkoti)	26	140	36,6	43,5	50,6	65,0	<b>76,5</b>	94,8	107,7	151,7	184,2	
221 Vanhainkoti	30	516	27,4	44,6	45,4	46,9	<b>61,4</b>	68,9	89,2	97,5	110,3	
23 Muut sosiaalitoimen rakennukset (pois lukien Päiväkodit)	16	140	29,8	35,1	40,1	48,2	<b>55,1</b>	65,3	84,6	91,1	106,2	
231 Päiväkodit	107	397	29,6	37,9	43,4	47,2	<b>56,0</b>	72,0	84,3	94,8	161,3	
31 Teatteri- ja konserttirakennukset	9	531	12,0	14,4	16,9	23,4	<b>35,1</b>	40,2	41,4	42,6	43,8	
32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	21	271	13,7	21,2	21,3	24,0	<b>34,2</b>	48,5	63,6	66,6	84,3	
33 Seura- ja kerhorakennukset	21	113	21,3	24,7	29,5	36,0	<b>44,7</b>	67,7	78,5	82,8	103,0	
34 Uskonnon yhteisöjen rakennukset	24	279	8,4	11,3	22,1	29,5	<b>45,2</b>	50,8	64,6	67,0	68,9	
35 Urheilu- ja kulttuurirakennukset (pois lukien Jää- ja uimahallit)	25	787	1,9	10,0	12,5	29,8	<b>34,4</b>	44,2	109,5	151,2	320,9	
351 Jäähallit	8	463	1,3	2,2	3,0	4,5	<b>15,7</b>	26,4	30,0	31,6	33,2	
352 Uimahallit	20	489	34,3	34,6	38,9	58,6	<b>93,9</b>	125,4	197,6	216,8	231,5	
36 Muut kokoustilavien rakennukset	10	145	12,4	21,8	31,2	35,5	<b>38,6</b>	51,4	56,9	73,9	90,8	
51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	294	5 543	5,0	23,6	27,0	32,9	<b>41,8</b>	54,7	67,0	76,2	137,9	
52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	57	1 745	21,5	24,0	25,4	30,7	<b>40,6</b>	55,7	67,5	72,4	182,8	
53 Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosten rakennukset	8	357	22,5	23,2	23,9	31,8	<b>38,1</b>	53,9	60,9	62,8	64,7	
54 Muut opetuslaitokset	9	138	22,9	26,7	30,5	36,3	<b>43,0</b>	68,2	92,7	135,8	178,8	
71 Varustorakennukset	22	2 457	7,9	10,8	11,6	13,1	<b>22,5</b>	34,4	49,9	54,4	60,0	
72 Palo- ja pelastuslaitosten rakennukset	41	987	9,2	11,7	13,4	16,7	<b>26,6</b>	34,7	71,2	81,5	88,6	
89 Muut maatalouslaitokset	4	291	49,2	49,6	50,0	51,4	<b>78,0</b>	109,5	119,4	122,6	125,9	
93 Muut rakennukset	3	241	34,3	34,3	34,3	34,4	<b>34,6</b>	51,4	61,5	64,8	68,2	

Taulukko A3. Veden ominaiskulutukset eri kiinteistötyypeillä.

## VESI

Kohteet vuosilta 2000-2007, 1688 kohdetta

Tyyppi	Kohteita kpl	Tilavuus 1000 m <sup>3</sup>	Vesi - ominaiskulutus (dm <sup>3</sup> /r-m <sup>3</sup> )									
			Ennen energiakatselmusta									
			Min	5 %	10 %	Alskv	Med	Ylskv	90 %	95 %	Max	
TK 1994												
11 Myymälä- ja tavaratalot, kaupakeskukset	87	3 475	5	15	19	40	53	81	143	228	342	
112 Liike- ja tavaratalot, kaupakeskukset	62	4 843	12	26	30	39	61	101	148	180	335	
12 Majoitusliikkeen rakennukset	14	421	138	157	170	180	316	381	525	630	716	
13 Asuntorakennukset	13	66	81	99	113	134	225	243	394	454	513	
14 Ravintolat	4	60	0	43	85	213	296	345	414	437	460	
15 Toimistorakennukset (kaikki)	338	12 885	0	22	30	46	63	98	140	179	1 138	
15 Toimistorakennukset, julkinen palvelusektori	40	942	24	30	35	48	59	96	123	161	281	
15 Toimistorakennukset, yksityinen palvelusektori	279	11 141	0	23	30	46	63	98	138	178	1 138	
16 Liikenteen rakennukset	20	1 036	2	20	24	47	66	149	193	217	424	
21 Terveystieteiden rakennukset (pols lukien Terveystieteiden ja -asemat)	48	2 882	21	55	72	156	262	332	396	447	520	
214 ja 219 Terveystieteiden rakennukset ja -asemat	28	362	116	123	125	156	225	304	395	423	476	
22 Huoltolaitosrakennukset (pols lukien Vanhainkodit)	26	140	82	204	222	292	385	524	772	864	1 141	
221 Vanhainkodit	30	516	79	217	224	271	344	398	461	520	573	
23 Muut sosiaalitoimen rakennukset (pols lukien Päiväkodit)	16	140	103	131	143	208	237	307	433	445	449	
231 Päiväkodit	107	397	27	87	127	175	230	270	330	354	490	
31 Teatteri- ja konserttirakennukset	9	531	22	24	27	36	40	82	119	134	150	
32 Kirjasto-, museo-, ja näyttelyhallirakennukset	21	271	27	36	41	59	71	89	133	184	199	
33 Seura- ja kerhorakennukset	21	113	0	23	27	38	75	157	182	285	1 222	
34 Uskonnon rakennukset	24	279	3	13	14	35	64	91	129	167	209	
35 Urheilu- ja kulttuurirakennukset (pols lukien Jää- ja uimahallit)	25	787	11	15	28	39	78	284	726	1 050	2 594	
351 Jäähallit	8	463	18	28	39	48	76	163	216	256	296	
352 Uimahallit	20	489	122	212	362	559	769	1 194	2 138	2 328	2 338	
36 Muut kokous- ja konferenssitalot	10	145	83	83	83	104	148	273	386	521	657	
51 Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset	294	5 543	11	46	53	69	88	121	163	187	441	
52 Ammatillisten oppilaitosten rakennukset	57	1 745	10	23	28	44	71	94	139	166	401	
53 Korkeakoulu- ja tutkimuslaitosrakennukset	8	357	26	30	33	46	58	189	411	417	423	
54 Muut opetusrakennukset	9	138	13	18	22	31	37	45	56	58	61	
71 Varastorakennukset	22	2 457	4	7	8	18	29	47	63	142	162	
72 Palo- ja pelastustalot rakennukset	41	987	2	3	4	12	25	91	154	177	281	
89 Muut maatalousrakennukset	4	291	92	101	111	139	208	264	270	272	274	
93 Muut rakennukset	3	241	58	69	79	111	164	196	215	221	227	



## Liite B

### E-luvun laskennan keskeisten lähtötietojen ja tulosten esittäminen

Energialaskennan keskeiset lähtötiedot ja tulokset voidaan esittää esimerkiksi taulukoiden B1 ja B2 mukaan.

Taulukko B1. E-luvun laskennan lähtötietojen esittäminen.

Rakennuskohde				
Osoite				
Rakennuksen käyttötarkoitus				
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	m <sup>2</sup>			
Ilmanvuotoluku q <sub>50</sub>	m <sup>3</sup> /(h m <sup>2</sup> )			
Rakennusvaipan umpiosat	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	U A W/K	%
Ulkoseinät				
Yläpohja				
Alapohja				
Ikkunat				
Ulko-ovet				
Kylmäsiilat				
Ikkunat ilmansuunnittain	A m <sup>2</sup>	U W/(m <sup>2</sup> K)	g-arvo -	
Pohjoinen				
Koillinen				
Itä				
Kaakko				
Etelä				
Lounas				
Länsi				
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta tulo/poisto (m <sup>3</sup> /s) / (m <sup>3</sup> /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m <sup>3</sup> /s)	LTO:n lämpötila- suhde -	Jäätymisen esto °C
Pääilmanvaihtokoneet				
Erillispoistot				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton hyötysuhde -	Lämmitysjärj. hyötysuhde -	Lämpökerroin <sup>1</sup> -	Apulaitteiden sähkönkäyttö <sup>2</sup> W
Tilojen ja iv:n lämmitys LKV:n valmistus				
<sup>1</sup> vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
<sup>2</sup> lämpöpumpputärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökerrotimeen				
Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
LKV:n käyttö	m <sup>3</sup> /(m <sup>2</sup> a)		yhteensä m <sup>3</sup> /a	
Sisäiset lämpökuormat	Henkilöt W/m <sup>2</sup>	Kuluttajalaitteet W/m <sup>2</sup>	Valaistus W/m <sup>2</sup>	Käyttöaste -
Päiväys	Alekirjoitus	Nimen selvitys		

Taulukko B2. E-luvun laskennan tulosten esittäminen.

Rakennuskohde			
Osoite			
Rakennuksen käyttötarkoitus			
Rakennusvuosi			
Lämmitetty nettoala	m <sup>2</sup>		
E-luku	kWh/(m <sup>2</sup> a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/a	-	kWh/a kWh/(m <sup>2</sup> a)
Sähkö		1,7	
Kaukolämpö		0,7	
Kaukojäähdytys		0,4	
Uusiutuva polttoaine		0,5	
Fossiilinen polttoaine		1	
...			
<b>Yhteensä</b>		-	
<b>Uusiutuva omavaraisenergia</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Aurinkosähkö			
Aurinkolämpö			
Tuulisähkö			
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia			
<b>Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus</b>	Sähkö kWh/(m <sup>2</sup> a)	Lämpö kWh/(m <sup>2</sup> a)	Kaukojäähdytys kWh/(m <sup>2</sup> a)
Lämmitysjärjestelmä			
Tilojen lämmitys <sup>1</sup>			
Tuloilman lämmitys			
Lämpimän käyttöveden valmistus			
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		-	
Jäähdytysjärjestelmä			
Kuluttajalaitteet ja valaistus		-	
<b>Yhteensä</b>			
<sup>1</sup> Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen			
<b>Energian nettotarve</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Tilojen lämmitys <sup>2</sup>			
Ilmanvaihdon lämmitys <sup>3</sup>			
Lämpimän käyttöveden valmistus			
Jäähdytys			
<sup>2</sup> sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa			
<sup>3</sup> laskettu lämmönlähteen kanssa			
<b>Lämpökuormat</b>	kWh/a	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Aurinko			
Ihmiset			
Kuluttajalaitteet			
Valaistus			
Laskentatyökalun nimi ja versionumero			
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvitys	